

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

«На правах рукопису»

УДК 004.96

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.В. Коваль
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності – 121 Інженерія програмного забезпечення
на тему: Система моделювання структури та функціонального контенту
інженерних систем енергоефективної будівлі

Виконав: студент б курсу, групи ТІ-81мп

Курсенко Леонід Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Шпурик В.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент Баранюк О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»**

Факультет (інститут) _____ **Теплоенергетичний** _____
(повна назва)

Кафедра **Автоматизації проектування енергетичних процесів і систем**
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність **121 Інженерія програмного забезпечення** _____
(код і назва)

спеціалізація **Інженерія програмного забезпечення розподілених систем**

ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач кафедри

_____ **О.В. Коваль** _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

_____ **Курсенко Леонід Олексійович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі

науковий керівник дисертації Шпурик Вадим Вадимович, к.т.н., доц. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» листопада 2019 р. №3813-с

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження інформаційні системи аналітики та моделювання технологічних процесів (енергетичних потоків) будівлі.

4. Предмет дослідження програмні засоби моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз існуючих рішень, аналіз метеорологічних даних регіону, моделювання ГЕН, моделювання теплотехнічних характеристик будівлі, аналіз потреб у тепловій енергії на опалення та ГВП, визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки, теплового насоса та системи теплоакumuлюючого електроопалення.

6. Перелік ілюстративного (графічного) матеріалу моделі та методи формування структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі, розробка архітектури програмного забезпечення, розробка програмних засобів моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі.

7. Перелік публікацій Шпурик В.В., Курсенко Л.О. «Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі»

8. Дата видачі завдання «19» березня 2019р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	19.03.2019	
2	Збір інформації	20.03.2019–26.03.2019	
3	Аналіз вимог завдання, розробка методів і засобів розв'язання поставленої задачі	27.03.2019–25.06.2019	
4	Розробка та тестування програмного продукту	26.06.2019–21.10.2019	
5	Підготовка матеріалів магістерської роботи	22.10.2019–19.11.2019	
6	Захист програмного продукту	26.10.2019	
7	Передзахист	20.11.2019	
8	Захист	16.12.2019	

Студент

(підпис)

Л.О. Курсенко

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

В.В. Шпурик

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел з 35 найменувань, двох додатків та містить 50 рисунків, 18 таблиць. Обсяг магістерської дисертації складає 100 сторінок, з яких перелік посилань займає 2 сторінки, додатки — 5 сторінок.

Актуальність теми. Для оцінки можливостей підвищення рівня енергоефективності будівлі необхідно проводити моделювання структури та режимів функціонування інженерних систем будівлі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі АПЕПС НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» у рамках науково-дослідної роботи «Динамічні моделі енергетичних потоків будівлі в контексті функціонування інженерних систем та ділової активності користувача».

Мета й завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі для визначення доцільних заходів із підвищення її енергоефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити засоби аналізу впливу метеорологічних характеристик регіону на режими функціонування інженерних систем;
- розробити засоби моделювання та оптимізації графіків електричного навантаження;
- розробити засоби моделювання теплотехнічних характеристик будівлі;
- розробити засоби моделювання режимів генерування електричної енергії альтернативними генераторами;
- розробити засоби моделювання структури та режимів функціонування системи забезпечення комфортного мікроклімату енергоефективної будівлі.

Об'єкт дослідження. Інформаційні системи аналітики та моделювання технологічних процесів (енергетичних потоків) будівлі.

Предмет дослідження. Програмні засоби моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовуються методи математичного аналізу та моделювання, методи математичної статистики, методи об'єктно-орієнтованого аналізу для опису об'єктів предметної області.

Інноваційна новизна одержаних результатів полягає у вирішенні актуальної проблеми підвищення рівня енергоефективності будівлі за розрахунок оптимізації структури та режимів функціонування інженерної інфраструктури, а саме:

1. Розроблено новий інструментарій моделювання та оптимізації графіка електричного навантаження будівлі з врахуванням багато зонних тарифів за критерієм фінансових витрат на енергію.

2. Розроблено новий інструментарій моделювання та оптимізації теплотехнічних характеристик будівлі за критеріями мінімізації витрат на енергію та забезпечення комфортного мікроклімату.

3. Розроблено новий інструментарій моделювання структури та режимів функціонування (зокрема, динамічних) системи генерування та розподілу теплової енергії для потреб опалення та ГВП з врахуванням температурного зонування приміщень будівлі за критеріями приведених витрат на енергію та забезпечення комфортного мікроклімату.

4. Вперше розроблено інструментарій моделювання динамічних режимів опалення/теплоакумулювання в режимі реального часу.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, включених до дисертації, представлені на XVII-й міжнародній науково-практичній конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» 2019 року.

Публікації. Тези доповідей публікувалися в збірниках «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» XVII-ї міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів, студентів.

Ключові слова. ГРАФІК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЛІ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС.

ABSTRACT

The thesis consists of an introduction, five sections, a conclusion, a list of used sources of 35 titles, two applications and contains 50 figures, 18 tables. The volume of the master's dissertation is 100 pages, of which the list of links takes 2 pages, applications — 5 pages.

Actuality of theme. In order to evaluate the possibilities of improving the energy efficiency of a building, it is necessary to perform a simulation of the structure and modes of operation of engineering systems of a building.

Relationship of work with scientific programs, plans, themes. The master's dissertation was performed at the APEPS department of NTUU “KPI named Igor Sikorsky” within the framework of the research work “Dynamic models of energy flows of a building in the context of functioning of engineering systems and business activity of the user”.

The purpose and tasks of the study. The purpose of the dissertation is to create a system for modeling the structure and functional content of engineering systems of a building to determine expedient measures to improve its energy efficiency.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following problems:

- to develop tools for analyzing the impact of meteorological characteristics of the region on the modes of operation of engineering systems;
- to develop tools for simulation and optimization of electric load schedules;
- to develop tools for modeling the thermal characteristics of the building;
- to develop means of modeling of modes of generation of electric energy by alternative generators;
- to develop tools for modeling the structure and modes of operation of the system of providing a comfortable microclimate of an energy efficient building.

Object of study. Information systems analytics and modeling of technological processes (energy flows) of the building.

Subject of study. Software for modeling of structure and functional content of engineering systems of energy efficient building.

Research methods. Methods of mathematical analysis and modeling, methods of mathematical statistics, methods of object-oriented analysis are used to solve the tasks.

The innovative novelty of the obtained results is to solve the urgent problem of increasing the energy efficiency of the building by calculating the optimization of the structure and modes of operation of the engineering infrastructure, namely:

1. A new toolkit for modeling and optimization of the schedule of electric load of a building with consideration of many zone tariffs on the criterion of financial energy costs has been developed.

2. A new toolkit for modeling and optimization of thermal characteristics of a building by the criteria of minimizing energy costs and providing a comfortable microclimate has been developed.

3. A new toolkit for modeling the structure and modes of operation (in particular, dynamic) of the system of generation and distribution of thermal energy for heating and DHW needs, taking into account the temperature zoning of the premises of the building on the criteria of reduced energy costs and providing a comfortable microclimate.

4. Real-time simulation of dynamic heating / heat accumulation modeling tools was first developed.

Approbation of the results of the dissertation. The results of the research included in the dissertation are presented at the XVII International Scientific and Practical Conference of Postgraduates, Graduates, Students "Modern Problems of Scientific Supply of Power Engineering" in 2019.

Publications. Abstracts of the reports were published in the collections "Modern problems of scientific support of power engineering" of the XVIIth international scientific and practical conference of postgraduates, graduate students, students.

Keywords. ELECTRIC LOADING SCHEDULE, ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDING, HOT WATER SUPPLY, THERMAL TECHNICAL SPECIFICATIONS, HEAT PUMP.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	11
ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	14
1.1 Аналіз існуючих програмних рішень.....	14
1.2 Постановка задачі дослідження.....	17
Висновки до розділу 1	18
2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ	19
2.1 Основні теоретичні відомості	19
2.1.1 Аналіз метеорологічних даних регіону	19
2.1.2 Моделювання графіка електричного навантаження	21
2.1.3 Теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та ГВП.....	24
2.1.4 Розрахунок потреб у енергії на приготування гарячої води та потужність системи гарячого водопостачання (ГВП)	26
2.1.5 Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта.....	28
2.1.6 Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб системи опалення об'єкта	29
2.1.7 Визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення.....	32
Висновки до розділу 2	33
3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	34

3.1 Засоби розробки	34
3.2 Проектування моделі системи	35
3.3 Модель даних програмної системи	41
3.4 Діаграма прецедентів розробленої системи	43
3.5 Архітектура програмного забезпечення	44
Висновки до розділу 3	51
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ.....	52
4.1 Системні вимоги та інсталяція.....	52
4.2 Особливості використання програмної системи	53
4.2.1 Особливості інтерфейсу програми.....	53
4.2.2 Аналіз метеорологічних даних регіону	54
4.2.3 Моделювання графіка електричного навантаження	58
4.2.4 Теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та ГВП.....	61
4.2.5 Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта.....	66
4.2.6 Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб системи опалення об'єкта.....	68
4.2.7 Визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення.....	71
4.2.8 Особливості роботи з даними	74
Висновки до розділу 4	76
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	77
5.1 Опис ідеї проекту та аналіз ринку	77
5.2 Розробка ринкової стратегії проекту.....	82

5.3 Розробка маркетингу стартап-проекту.....	84
Висновки до розділу 5	87
ВИСНОВКИ.....	88
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТОК А.....	94
ДОДАТОК Б.....	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГВП	— гаряче водопостачання
ГЕН	— графік електричного постачання
ООП	— об'єктно орієнтоване програмування
ОС	— операційна система
ПЗ	— програмне забезпечення
ПК	— персональний комп'ютер
ПП	— програмний продукт
ПС	— програмна система

ВСТУП

Проблема підвищення енергоефективності будівлі є важливою для всього людства, тому що дозволяє значно зменшити витрати на опалення та електроенергію, а також зменшити рівень забруднення навколишнього середовища шляхом зменшення обсягів споживання викопних ресурсів. Для оцінки можливостей підвищення енергоефективності будівлі необхідно проводити моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі [1].

Мета магістерської роботи — розробити систему моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі.

На даний момент існує багато підходів для вирішення задач, пов'язаних з підвищенням енергоефективності. Для підвищення енергоефективності будівлі необхідно: зменшити тепловтрати, застосувати енергоефективний спосіб опалення та постачання гарячої води, оптимізувати графік електричного навантаження. Через значну варіативність та складність параметрів жодний з існуючих програмних продуктів не є універсальним засобом.

В даній магістерській роботі виконується аналіз метеорологічних даних регіону, а саме міста Київ. Визначити теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та гаряче водопостачання(ГВП) та обрати необхідне обладнання задля комфортного та енергоощадного проживання в будівлі.

Система буде мати програмну архітектуру, яка складається з трьох рівнів: рівень доступу до даних, рівень бізнес логіки та рівень представлення.

Рівень доступу до даних відповідає за зчитування, обробку та збереження вхідних даних. Обробка вхідних даних необхідна для усунення надлишкових даних та автоматизації процесу збору та розрахунку статистики.

Рівень бізнес логіки виконує побудову моделей структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, складає прогноз на майбутнє. Модуль виконує аналіз метеорологічних даних регіону, визначає теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та гаряче

водопостачання(ГВП) та дозволяє користувачам обрати необхідне обладнання задля комфортного та енергоощадного проживання в будівлі.

Рівень представлення використовує графічний інтерфейс користувача для виводу отриманих результатів роботи системи.

Дипломна робота містить постановку задачі, теоретичні відомості предметної області, обґрунтування використання застосованих технологій, методів та можливостей, керівництво користувача із детальним поясненням. Записка містить п'ять розділів.

У першому розділі описується постановка задачі системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, а також виконується аналіз існуючих рішень.

У другому розділі виконується аналіз системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, розглядаються теоретичні відомості по моделям структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі, аналізується ефективність існуючих практичних рішень.

У третьому розділі аналізуються особливості проектних та програмних рішень, описуються використані інструменти та методології розробки для створення проекту, а також розглядається архітектура програмного продукту.

У четвертому розділі наведено результати випробування системи, описано необхідні вимоги для правильної роботи програмного продукту, а також методику роботи користувача.

У п'ятому розділі наведено результати проектування стартап-проекту.

Розроблену систему можливо застосувати для дослідження енергоефективності будівлі з визначеними теплотехнічними характеристиками та вибору заходів із її підвищення.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

1.1 Аналіз існуючих програмних рішень

Перед тим як створювати новий програмний продукт необхідно провести аналіз існуючих рішень, щоб з'ясувати наступні питання: чи існують програмні засоби, що вирішують необхідні задачі, якщо такі програмні засоби існують, то необхідно визначити їхні переваги та недоліки. Після аналізу необхідно прийняти рішення чи доцільно створювати новий програмний продукт.

У наш час систем існує багато систем для розрахунків енергоефективності, але жодна з них не охоплює всіх поставлених функціональних вимог або не враховує всіх необхідних особливостей предметної області. Розглянемо деякі з виявлених програмних продуктів, які найбільш точно задовольняють поставленим вимогам.

Програмний комплекс ROCKPROJECT призначений для проектувальників та архітекторів, які виконують проектування теплоізоляційної оболонки будівлі, а також розраховують параметри енергетичного паспорту будівлі. Після аналізу даного програмного комплексу було виявлено, що він частково відповідає деяким із поставлених вимог. Програмне забезпечення ROCKPROJECT надає користувачу наступні функціональні можливості:

- можливість вибору кліматичної зони для визначення погодних умов;
- дозволяє виконувати розрахунки для різних типів будівель (житлові будинки, квартири, готелі, промислові будівлі тощо);
- має широкі можливості для задання теплотехнічних параметрів будівлі;
- визначає тепловтрати будівлі;
- генерує звіт, який містить інформацію про економічні витрати на опалення у розрахунки на один рік.

На рисунку 1.1 зображено приклад інтерфейсу програми ROCKPROJECT.

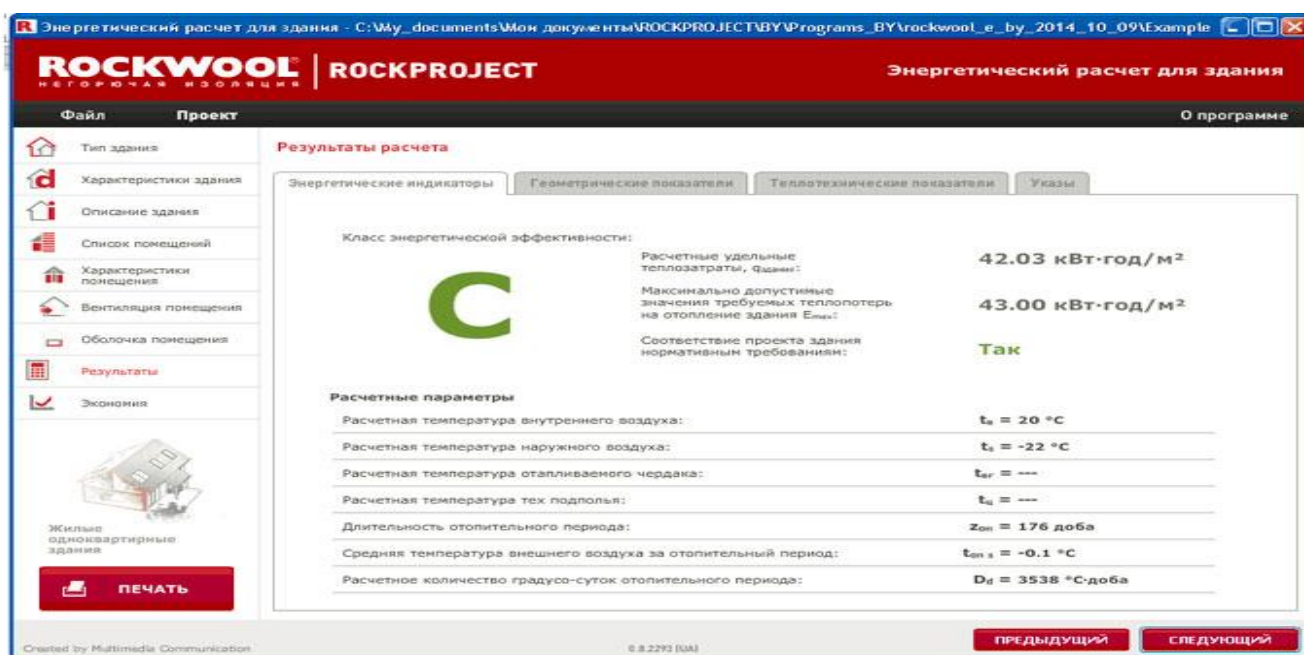


Рисунок 1.1 – Интерфейс программы ROCKPROJECT

Було виявлено наступні недоліки програмного комплексу ROCKPROJECT:

- можливість вибору метеорологічних даних регіону обмежена базою даних програми, яка обмежена територією України;
- аналіз метеорологічних даних недоступний для перегляду користувачів;
- програма орієнтована на архітекторів та проектувальників і тому потребує високого рівня кваліфікації, може виявитися надто складною для звичайних користувачів;
- аналіз можливостей підвищення енергоефективності будівлі обмежується аналізом можливостей покращення теплоізоляційних властивостей будівлі і не розглядає інші можливості.

Програмна система Panasonic Heat Pump Simulation Software Aquarea Designer призначена для проектування систем теплового насоса. Після введення даних, пов'язаних з будинком або будівлею, потребами у гарячій воді, витратами енергії та джерелом тепла, програмне забезпечення дозволяє визначитися із вибором відповідного теплового насоса. На рисунку 1.2 зображено інтерфейс програми.

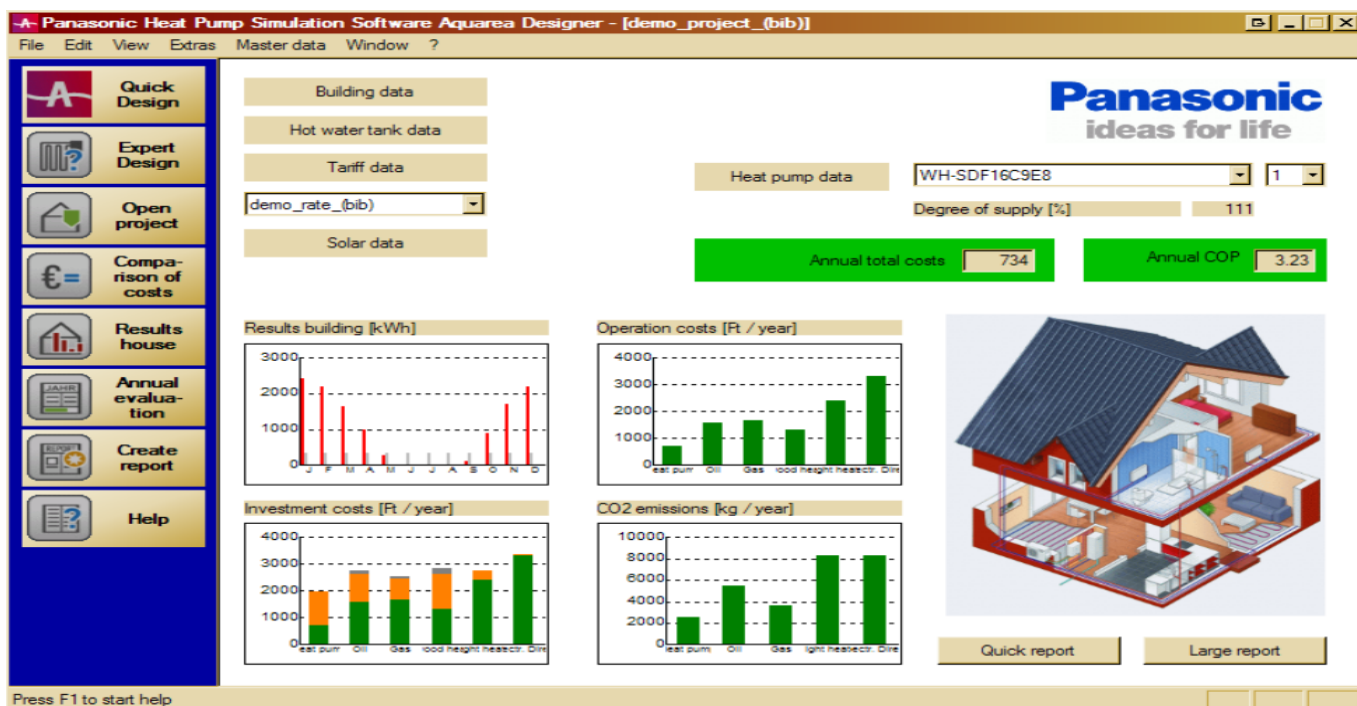


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програми Panasonic Heat Pump Simulation Software

Було виявлено наступні недоліки програмного комплексу Panasonic Heat Pump Simulation Software:

- можливість вибору метеорологічних даних суттєво обмежені;
- аналіз метеорологічних даних недоступний для перегляду користувачів;
- програма орієнтована на архітекторів та проектувальників і тому потребує високого рівня кваліфікації, може виявитися надто складною для звичайних користувачів;
- аналіз можливостей підвищення енергоефективності будівлі обмежується аналізом можливостей застосування теплового насосу і не розглядає інші можливості.

Аналіз існуючих програмних рішень показав, що вони є вузько спеціалізованими програмними продуктами, які вирішують лише по одній задачі, а також мають цілий ряд недоліків: обмежені можливості роботи з метеорологічними даними, висока складність інтерфейсу користувача та програмної системи.

Необхідні розрахунки можливо виконати вручну, використовуючи Excel, але це буде складно і неефективно. Аналогічні розрахунки можливо виконати за допомогою програмного забезпечення MATLAB.

MATLAB — пакет прикладного програмного забезпечення для виконання чисельного аналізу. До складу пакету також входить мова програмування, що використовується в даному пакеті. Незважаючи на те, що програмний продукт був розроблений для чисельних розрахунків, спеціалізовані інструментальні засоби роблять його повноцінним засобом для роботи з алгеброю та створення графічних інтерфейсів користувача.

Щоб автоматизувати процес розрахунків краще створити цілісну систему з графічним інтерфейсом користувача, що автоматично буде виконувати всі поставлені задачі за мінімального втручання користувача.

1.2 Постановка задачі дослідження

Для створення системи, яка виконує моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, необхідно реалізувати наступні програмні засоби:

- а) аналізу впливу метеорологічних характеристик регіону на режими функціонування інженерних систем;
- б) моделювання та оптимізації графіків електричного навантаження;
- в) моделювання теплотехнічних характеристик будівлі;
- г) моделювання режимів генерування електричної енергії альтернативними генераторами;
- д) моделювання структури та режимів функціонування системи забезпечення комфортного мікроклімату енергоефективної будівлі.

Вхідна інформація для програмної системи:

- а) метеорологічні дані;
- б) дані по електроспоживачам;
- в) тижневий графік електроспоживання;
- г) теплотехнічні характеристики будівлі;
- д) дані по використанню гарячої води;
- е) характеристики різних видів котлів та палива, яке використовується;

- ж) характеристики вітроенергетичної установки;
- з) характеристики теплового насосу;
- и) характеристики системи теплоакumuлюючого опалення;
- к) ціни на електроенергію для різних видів тарифів.

Вихідна інформація для програмної системи:

- а) метеорологічні дані за визначений період часу;
- б) оптимізований тижневий графік електроспоживання;
- в) економічні розрахунки вартості електроспоживання за визначений період;
- г) розрахунки тепловтрат будівлі за визначений період;
- д) економічні розрахунки вартості тепловтрат будівлі за визначений період;
- е) розрахунки ефективності застосування теплового насосу;
- ж) розрахунки ефективності застосування системи теплоакumuлюючого опалення;
- з) розрахунки ефективності застосування вітроенергетичної установки.

Інтерфейс користувача розробленої системи повинен бути забезпечений необхідним інструментарієм для введення та модифікації вхідних даних, ведення розрахунків та складання остаточних звітів.

Потенційні користувачі системи: особи, які хочуть визначитися із засобами для підвищення енергоефективності будівлі.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі було розглянуто основні вимоги до системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, які визначатимуть функціональні можливості розроблюваної програмної системи. Проведено аналіз існуючих рішень, виявлено їх основні можливості, переваги та недоліки, щоб краще зрозуміти функціональні вимоги до подібних систем.

2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ

2.1 Основні теоретичні відомості

Проаналізувавши існуючі програмні рішення, які надають можливість визначати енергоефективність інженерних систем будівлі було виявлено основні складові, які впливають на енергоефективність будівлі, а саме: погодні умови, теплотехнічні характеристики будівлі, енергоефективність системи опалення та гарячого водопостачання, а також енергоефективність електричного обладнання будівлі.

Для дослідження впливу погодних умов на енергоефективність будівлі необхідно проводити аналіз метеорологічних даних регіону.

2.1.1 Аналіз метеорологічних даних регіону

Для аналізу метеорологічних даних регіону необхідна база даних, яка містить наступну метеорологічну інформацію регіону: дата, час, температура повітря, напрям вітру, швидкість вітру, інтенсивність сонячної інсоляції. База даних повинна містити інформацію за цілий рік з часовими інтервалами в півгодини. Метеорологічні дані потрібного регіону можливо отримати від різноманітних метеорологічних сервісів та організацій, які в свою чергу отримують дані від метеорологічних станцій. Метеорологічні станції розміщуються в кожному регіоні країни і збирають інформацію про погодні умови шляхом спостереження.

Погодні умови залежать від цілого ряду метеорологічних параметрів серед яких виділимо температуру повітря, напрям вітру, швидкість вітру та інтенсивність сонячної інсоляції, тому що саме ці параметри необхідні для моделювання погодних умов та визначення енергоефективності інженерних систем будівлі. Від температури повітря навколишнього середовища залежать тепловтрати будівлі, а також витрати на

опалення. Для визначення можливих обсягів генерування електричної енергії за допомогою вітрової енергетичної установки необхідні показники вітру.

Метеорологічні бази даних можуть містити значні обсяги інформації за тривалий проміжок часу, які подані у табличному вигляді і тому людині важко сприймати інформацію в такому вигляді. Аналіз даних дозволяє виділити найбільш важливу інформацію і представити її в зручній для сприйняття формі.

Аналіз метеорологічних даних включає в себе наступні типи аналізу:

- тривалості температурних режимів;
- роза вітрів;
- тривалості режимів вітрової активності;
- інтенсивності сонячної інсоляції;
- тривалості режимів сонячної активності.

Для визначення тривалості температурних режимів за визначений період часу використовуються дані про температурні умови. Для кожного температурного режиму підраховується його тривалість в годинах за визначений період часу.

Для побудови діаграми роза вітрів використовуються дані про швидкість та напрям вітру за визначений період часу.

Роза вітрів — це векторна діаграма для візуалізації режимів вітрової активності у визначеному регіоні, яка побудована за результатами метеорологічних спостережень. Діаграма складається із пучка променів, направлених по сторонам горизонту, які виходять із однієї точки. На кожному промені відкладають відрізок, довжина якого пропорційна частоті появи вітру відповідного напрямку. Для кращої візуалізації кінці відрізків з'єднують прямими лініями. Кожен такий відрізок відповідає частоті появи вітру із певного напрямку та із швидкістю вітру у визначеному діапазоні. Відсоткова частота появи вітру визначається без урахування штилів. Частота появи штилів записується окремо.

Для визначення тривалості режимів вітрової активності використовується інформація про швидкість вітру за визначений період часу. Для кожного режиму вітрової активності підраховується його тривалість в годинах за визначений період часу.

Інформацію про інтенсивність сонячної інсоляції використовується для побудови відповідної діаграми за визначений період часу.

Для визначення тривалості режимів сонячної активності використовується інформація про інтенсивність сонячної інсоляції за визначений період часу. Для кожного режиму сонячної активності підраховується його тривалість в годинах за визначений період часу.

2.1.2 Моделювання графіка електричного навантаження

Прийняття рішень про розвиток енергетичної інфраструктури починається з аналізу прогнозованого попиту на енергію. Враховуючи співпадіння у часі споживання та виробництва енергії, важливо знати не тільки обсяги попиту за певний проміжок часу, а й характер попиту. Для характеристики попиту на енергію використовують графіки навантаження. [14][15]

Графік навантаження енергосистеми є сумою графіків навантаження окремих груп споживачів, кожна з яких має свій графік навантаження.

Для прикладу на рисунку 2.1 зображено режими споживання електроенергії двома споживачами. Очевидно, що при однаковому добовому споживанні електричної енергії витрати енергосистеми на покриття попиту будуть неоднаковими, а необхідні капіталовкладення на створення необхідної генеруючої інфраструктури будуть суттєво різними. [16]

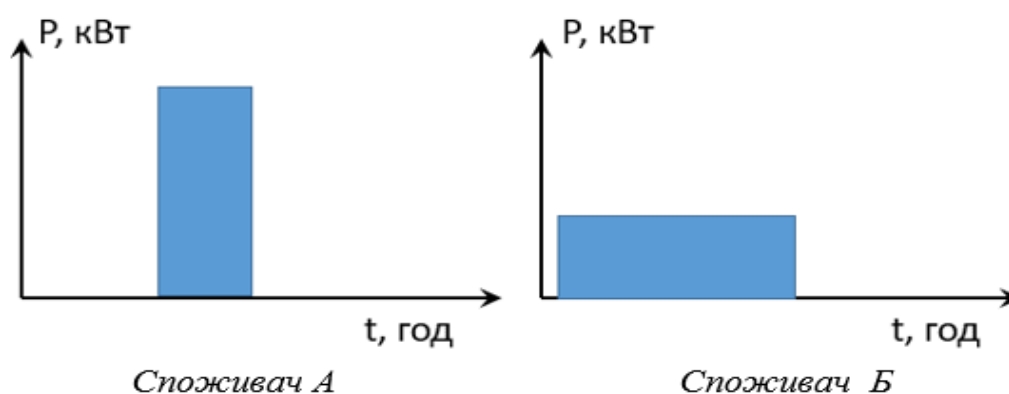


Рисунок 2.1 – Режими споживання електроенергії

Від режиму споживання залежить структура потужності електростанцій енергосистеми, необхідна пропускна здатність ліній електропередачі та теплових мереж. Крім того, від режиму споживання залежать не лише затрати на розвиток енергосистеми, а й затрати на експлуатацію діючого обладнання.

Структура потужностей енергетичних станцій визначає стратегію розміщення капіталовкладень, а також і стратегію фінансування розвитку енергосистеми. [17]

Дуже важливо точно визначити об'єми та режими споживання енергії, тому що заниження потреби веде до фінансового збитку, оскільки доводиться покривати дефіцит енергії за рахунок закупівлі у інших постачальників або обмежувати споживачів, завищення потреби також веде до фінансового збитку за рахунок омертвіння капіталу у додатково встановленому обладнанні, що не повністю використовується, або за рахунок придбаної надлишкової кількості палива. [14]

Складовою частиною графіка навантаження енергосистеми крім попиту споживачів є втрати енергії при її передачі у розподільчих мережах, а також витрати на власні потреби електростанцій систем. [18]

Для того, щоб побудувати графік електричного навантаження спочатку необхідно скласти профіль побутових потреб споживача. Необхідно скласти перелік приладів, які споживають електричну енергію, та визначити їх потужність електричного споживання. Складається часовий графік використання електричних приладів у розрахунку на один тиждень. Вся інформація використовується для побудови графіка електричного навантаження (ГЕН), а також графіка тривалості навантаження. Графік тривалості навантаження дозволяє визначити тривалість кожного режиму навантаження, визначається на основі ГЕН та дозволяє дослідити навантаження на електричну мережу створену електричними приладами.

Використовуючи дані ГЕН та відомості про потужність приладів визнають обсяги спожитої електроенергії за кожний день тижню та за весь тиждень як для кожного окремого електричного приладу так і для всіх приладів разом.

Для дослідження графіка електричного навантаження визначають показники споживання електричної енергії: обсяги споживання окремо для кожного дня тижня ($W_{\text{спож.}}$); сумарні обсяги споживання за тиждень; пікове ($P_{\text{пik.}}$) та середнє ($P_{\text{сер.}}$)

навантаження окремо для кожного дня тижня; тривалість використання максимального навантаження (T_{max}); ступінь нерівномірності ГЕН; коефіцієнт використання встановленої потужності ($k_{вик.}$).

Площа, обмежена кривою графіка активного навантаження, чисельно рівна енергії, виробленої або спожитої електроустановкою за досліджуваний період і визначається за формулою 2.1:

$$W_{спож.} = \int_0^T P_H(t)dt = \sum_i^T P_i T_i \quad (2.1)$$

де P_i — електричного навантаження для i -ого рівня навантаження;

T — кількість рівнів електричного навантаження;

T_i — тривалість електричного навантаження для i -ого рівня навантаження.

Середнє ($P_{сер.}$) навантаження визначається за формулою 2.2:

$$P_{сер.} = \frac{\sum_i^T P_i T_i}{T} \quad (2.2)$$

Тривалість використання максимального навантаження визначається за формулою 2.3:

$$T_{max} = \frac{\int_0^t P_H(t)dt}{P_{max}} = \frac{\sum_i^T P_i T_i}{P_{max}} \quad (2.3)$$

Коефіцієнт використання встановленої потужності визначається за формулою 2.4:

$$k_{зап.} = \frac{P_{сер.}}{P_{max}} \quad (2.4)$$

Ступінь нерівномірності ГЕН оцінюють коефіцієнтом заповнення, який визначається за формулою 2.5:

$$k_{вик.} = \frac{P_{сер.}}{P_{встан.пот.}} = \frac{P_{сер.}}{\sum P_H} \quad (2.5)$$

Визначення фінансових витрат може здійснюватися за умов використання однозонного, двозонного та тризонного тарифу на електричну енергію. При застосуванні багато зонних тарифів на електроенергію для обчислення вартості споживання електричної енергії побутовими споживачами за визначений період часу використовують визначені тарифні коефіцієнти та тарифи.

Для двозонного тарифу на електричну енергію тарифний коефіцієнт для годин нічної зони тарифу (з 23-ої до 7-ої години) становить 0,5 від повного тарифу в інші години доби, які визначаються як зона денного тарифу на електроенергію.

Для тризонного тарифу для пікового періоду навантаження (з 8-ої до 11-ої години та з 20-ої до 22-ої години) коефіцієнт становить 1,5 від повного тарифу, у напівпіковий період (з 7-ої до 8-ої години, з 11-ої до 20-ої години, з 22-ої до 23-ої години) встановлено повний тариф на електроенергію, і в зоні нічного мінімального навантаження (з 23-ої до 7-ої години) тарифний коефіцієнт встановлений на рівні 0,4 від повного тарифу на електроенергію. [18]

Використання двозонного та тризонного тарифу надає можливість зменшити витрати на оплату електроенергії за рахунок перенесення часу роботи обладнання в зону з меншим тарифним навантаженням.

Отже, режими споживання та точність їх визначення суттєво впливають на результати діяльності енергетичного підприємства. Звідси і випливає необхідність вивчення режимів та графіків навантаження електростанцій та інших елементів енергетичної інфраструктури.

2.1.3 Теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та ГВП

Зменшення витрат на опалення досягається шляхом зниження тепловтрат будівлею та за допомогою вибору ефективної системи опалення. Зниження тепловтрат можливо досягти за допомогою утеплення будівлі. [19][20] Для визначення потреб у тепловій енергії необхідно визначити рівень тепловтрат будівлі, а для цього необхідно визначити теплотехнічні характеристики будівлі. Тепловтрати

залежать від поверхневих площ будівлі(зовнішні стіни, дах, вікна, підлога тощо) та коефіцієнта теплопередачі стін, даху, вікон тощо. Тепловтрати також залежать від зовнішньої температури та температури, яка повинна підтримуватися всередині будівлі. [21][22][23][24][25]

Тепловтрати будівлі визначаються за формулою 2.6:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot 10^{-3} \quad (2.6)$$

де Q — тепловтрати через зовнішні стіни, підлогу чи дах;

k — коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стіни, підлогу чи дах;

F — площа зовнішніх стін, підлоги чи даху;

$t_{\text{вн}}$ — температура всередині будівлі;

$t_{\text{зовн}}$ — температура зовні будівлі.

Побудова характеристики потреб будівлі у тепловій енергії на опалення для всього діапазону температур зареєстрованих протягом визначеного періоду часу виконується за допомогою знайдених тепловтрат для розрахункової температури та рівня температури, коли $t_{\text{вн}} = t_{\text{зовн}}$, при якій тепловтрати будівлі рівні нулю. [23] На рисунку 2.2 зображена залежність тепловтрат будівлі від температурних умов.

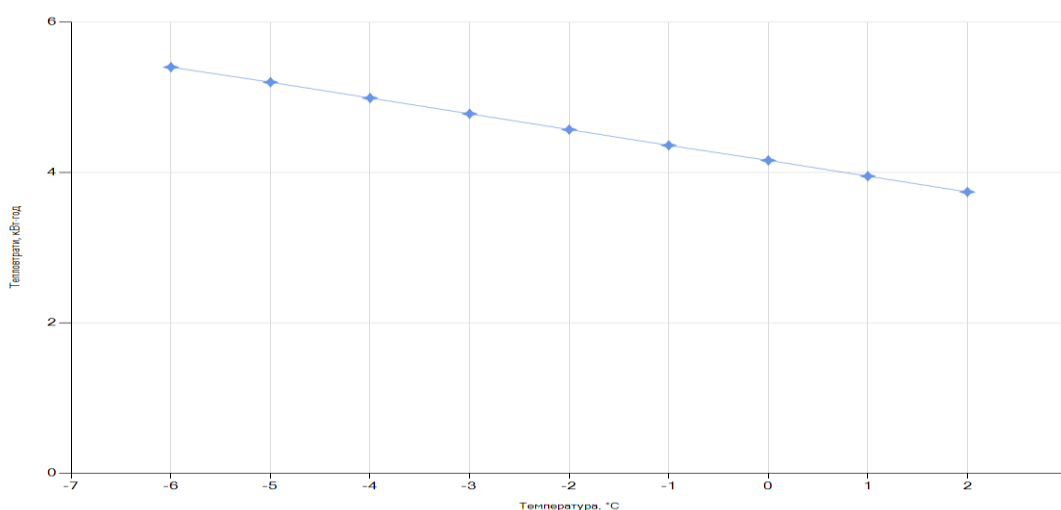


Рисунок 2.2 – Залежність тепловтрат будівлі від температурних умов

Розрахунок витрат енергії на опалення за визначений період виконується використовуючи дані про тривалість температурних режимів та залежність тепловтрат будівлі від температурних умов, розраховуємо втрати енергії на кожному температурному режимі за формулою 2.7:

$$W_{\text{теп.}i} = Q_i \cdot t_i. \quad (2.7)$$

Для опалення будівлі можуть застосовуватися різні схеми опалення: загальна схема опалення та індивідуальна схема опалення. Розрахунки для індивідуальної схеми опалення, коли температурний режим встановлюється для кожної кімнати окремо виконується аналогічно до загальної схеми опалення, де температура для всієї будівлі встановлюється однакова. Відмінність між індивідуальною та загальною схемою опалення полягає в тому, що для індивідуальної схеми опалення розрахунки тепловтрат визначаються для кожної кімнати окремо. Індивідуальна схема опалення надає можливість встановлювати різну температуру кімнат, що надає можливість економити на опаленні частини кімнат будівлі.

2.1.4 Розрахунок потреб у енергії на приготування гарячої води та потужність системи гарячого водопостачання (ГВП)

Обсяги споживання води на прийоми душу визначаються по формулі 2.8:

$$Q_{\text{душ}} = N_{\text{душ}} \cdot Q_{\text{душ. норм.}} \quad (2.8)$$

де $N_{\text{душ}}$ — кількість користувачів душу, задається користувачем;

$Q_{\text{душ.норм.}}$ — нормований обсяг споживання води, задається користувачем.

Обсяги споживання води на прийоми ванн визначаються по формулі 2.9:

$$Q_{\text{ванн}} = N_{\text{ванн}} \cdot Q_{\text{ванн. норм.}} \quad (2.9)$$

де $N_{\text{ванн}}$ — кількість користувачів ванн, задається користувачем;

$Q_{\text{ванн.норм.}}$ — нормований обсяг споживання води, задається користувачем.

Корегування витрати гарячої води для визначеної температури на виході з бака ГВП для душу виконується за формулою 2.10:

$$Q_{\text{душ}}^T = Q_{\text{душ}} \frac{(T_{\text{душ}} - T_{\text{вх.води}})}{(T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}})} \quad (2.10)$$

де $T_{\text{душ}}$ — температура води при прийомі душу, задається користувачем;

$T_{\text{вх.води}}$ — температура води, яка подається в бак ГВП, задається користувачем;

$T_{\text{вих.води}}$ — температура води, яка виходить із баку, задається користувачем.

Аналогічним чином виконується корегування для ванни за формулою 2.11:

$$Q_{\text{ванн}}^T = Q_{\text{ванн}} \frac{(T_{\text{ванн}} - T_{\text{вх.води}})}{(T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}})} \quad (2.11)$$

де $T_{\text{ванн}}$ — температура води при прийомі ванни, задається користувачем.

Загальні витрати гарячої води визначаються в м³/добу за формулою 2.12:

$$Q_{\text{гар.води}}^T = \frac{Q_{\text{душ}}^T - Q_{\text{ванн}}^T}{\rho} \quad (2.12)$$

де $\rho=998,23$ кг/м³ — густина води при температурі 60°C.

Енергія необхідна для нагріву води визначається в кВт·год за формулою 2.13:

$$W_{\text{гар.води}} = 1,163 \cdot Q_{\text{гар.води}}^T (T_{\text{вих.води}} - T_{\text{вх.води}}). \quad (2.13)$$

Необхідна теплова потужність нагрівача визначається в кВт за формулою 2.14:

$$P_{\text{ГВП}} = \frac{W_{\text{гар.води}}}{t_{\text{нагр.}}} \quad (2.14)$$

де $t_{\text{нагр.}}$ — час нагрівання бака ГВП, задається користувачем.

Розрахунки визначення обсягів споживання гарячої води надають можливість визначити витрати на нагрівання води.

2.1.5 Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) використовуються для отримання електричної енергії з кінетичної енергії вітру. Енергетична характеристика ВЕУ визначає залежність між швидкістю вітру та потужністю генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ.

Для визначення ефективності впровадження ВЕУ для потреб енергозабезпечення об'єкта необхідно мати енергетичну характеристику ВЕУ. Енергетична характеристика ВЕУ задається у вигляді таблиці і демонструється за допомогою графіка залежності між швидкістю вітра та потужністю генерації електроенергії. На обсяги генерування електроенергії впливає не тільки швидкість вітру та енергетична характеристика ВЕУ, але й висота башти ВЕУ, яку задає користувач через інтерфейс програми.

Для визначення обсягів генерування за визначений період часу використовується інформація про метеорологічні умови регіону, а саме швидкість вітру. У базі метеорологічних даних приведена швидкість вітру на висоті 10 метрів, тому необхідно виконати корекцію характеристики вітрової активності для введеної висоти башти ВЕУ, яка виконується за формулою 2.15:

$$V_{\text{шукана}} = V_{\text{відома}} \cdot \left(\frac{H_{\text{шукана}}}{H_{\text{відома}}} \right)^{0,14} \quad (2.15)$$

де $V_{\text{шукана}}$ — відкоректована швидкість вітру на висоті башти ВЕУ;

$V_{\text{відома}}$ — відома з метеорологічних даних швидкість вітру;

$H_{\text{шукана}}$ — висота башти ВЕУ;

$H_{\text{відома}}$ — висота метеорологічних спостережень.

Визначаються обсяги генерування електроенергії для кожного режиму швидкості вітру окремо, а також загальний обсяг генерування за визначений період часу.

Для визначення екологічного ефекту від впровадження ВЕУ необхідно провести оцінку обсягів скорочень викидів парникових газів у тонах CO₂ еквіваленту, у порівнянні з базовим сценарієм, по формулі 2.16:

$$1 \text{ т. CO}_2 \text{ екв.} = 1,06 \times \text{МВт} \cdot \text{год.} \quad (2.16)$$

Визначення доходу від продажу електричної енергії за «зеленим» тарифом (за умови генерування у мережу) виконується за формулою 2.17:

$$\text{Дохід} = \text{XXX кВт} \cdot \text{год} \times \text{Вартість 1 кВт} \cdot \text{год (за «зеленим тарифом»)} \quad (2.17)$$

Визначення доходу від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ) виконується за формулою 2.18:

$$\text{Ціна на ОСВ: } 10 \text{ €/тону CO}_2 \text{ екв.} \quad (2.18)$$

Застосування ВЕУ дозволяє отримати додаткову економічну вигоду від генерування електричної енергії в мережу за «зеленим тарифом» та від продажу одиниць скорочення викидів, а також дозволяє зменшити обсяги викидів CO₂ в атмосферу.

2.1.6 Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насоса для потреб системи опалення об'єкта

Використання теплових насосів для опалення є значно ефективнішим за використання котлів, тому що теплові насоси отримують теплову енергію з оточуючого середовища, витрачаючи при цьому менше електричної енергії.

Енергетичні характеристики теплового насоса визначають коефіцієнти корекції по електроспоживанню та теплопродуктивності. Система опалення, що використовує

теплові насоси, може складатися з різних приладів, які забезпечують функціонування системи. Система опалення залежить від характеристик теплового насоса таких як номінальна теплопродуктивність, потужність споживання електроенергії, кількість теплових насосів, потужність циркуляційного насоса, кількість циркуляційних насосів, потужність фанкойлу, кількість фанкойлів.

Розрахунок значення електроспоживання теплового насоса відповідно для кожного температурного режиму виконується за формулою 2.19:

$$P_{\text{спож.ТН}}^i = P_{\text{ном.ТН}} \cdot K_{\text{кор.ЕС}}^i \quad (2.19)$$

де $P_{\text{спож.ТН}}^i$ — електроспоживання теплового насоса для температурного режиму i ;

$P_{\text{ном.ТН}}$ — номінальна потужність електроспоживання теплового насоса;

$K_{\text{кор.ЕС}}^i$ — коефіцієнт корекції електроспоживання теплового насоса для температурного режиму i .

Розрахунок значення теплопродуктивності теплового насоса відповідно для кожного температурного режиму виконується за формулою 2.20:

$$Q_{\text{роб.ТН}}^i = Q_{\text{ном.ТН}} \cdot K_{\text{кор.}Q_{\text{ТН}}}^i \quad (2.20)$$

де $Q_{\text{роб.ТН}}^i$ — теплопродуктивність теплового насоса для температурного режиму i ;

$Q_{\text{ном.ТН}}$ — номінальна теплопродуктивність теплового насоса;

$K_{\text{кор.}Q_{\text{ТН}}}^i$ — коефіцієнт корекції теплопродуктивності теплового насоса для температурного режиму i .

Розрахунок необхідності пікового догрівача виконується за формулою 2.21:

$$P_{\text{дод.нагрівача}}^i = Q_{\text{тепловтрат}}^i - Q_{\text{роб.ТН}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \quad (2.21)$$

де $P_{\text{дод.нагрівача}}^i$ — потужність пікового догрівача для температурного режиму i ;

$Q_{\text{тепловтрат}}^i$ — тепловтрати будівлі для температурного режиму i ;

$N_{\text{модулів}}^i$ — кількість активних теплових насосів для температурного режиму i .

Розрахунок коефіцієнта завантаження теплових насосів для кожного температурного режиму виконується за формулою 2.22:

$$k_{\text{завант.}}^i = \frac{Q_{\text{тепловтрат}}^i - P_{\text{дод.нагрівача}}^i}{Q_{\text{робоча ТН}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i} \quad (2.22)$$

де $k_{\text{завант.}}^i$ — коефіцієнт завантаження теплових насосів для температурного режиму i .

Розрахунок потужності споживання системи розподілу енергії (циркуляційні насоси, внутрішні блоки, фанкойли) виконується за формулою 2.23:

$$P_{\text{сист.цирк}}^i = \sum_i P_{\text{цирк.нас.}}^i + \sum_i P_{\text{фанкойлів}}^i \quad (2.23)$$

де $P_{\text{цирк.нас.}}^i$ — потужність електроспоживання циркуляційного насосу;

$P_{\text{фанкойлів}}^i$ — потужність електроспоживання фанкойлу.

Визначення загальної фактичної потужності, що споживається всією системою генерування тепла з врахуванням додаткового догрівача для кожного температурного режиму виконується за формулою 2.24:

$$P_{\text{спож.СГТ}}^i = P_{\text{спож.ТН}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \cdot k_{\text{завант.}}^i + P_{\text{дод.нагрівача}}^i \quad (2.24)$$

Визначення загальних обсягів тепло генерування, електроспоживання і середньозважений COP системи опалення за розрахунковий період виконується за формулами 2.25 та 2.26:

$$COP_{TH} = \frac{W_{TH \text{ ген.тепла}}}{W_{TH \text{ спож.ел.енер.}}} = \frac{\sum_i (Q_{\text{робоча TH}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \cdot k_{\text{завант.}}^i) \cdot t^i}{\sum_i (P_{\text{спож. TH}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \cdot k_{\text{завант.}}^i) \cdot t^i} \quad (2.25)$$

$$COP_{\text{СИСТ.}} = \frac{W_{\text{СИСТ. ген.тепла}}}{W_{\text{СИСТ. спож.ел.енер.}}} = \frac{\sum_i (Q_{\text{робоча TH}}^i \cdot N_{\text{модулів}}^i \cdot k_{\text{завант.}}^i + P_{\text{дод.нагрівача}}^i) \cdot t^i}{\sum_i (P_{\text{спож.СГТ}}^i + P_{\text{сист.цирк}}^i) \cdot t^i} \quad (2.26)$$

де COP_{TH} — середньозважений COP теплового насосу;

$W_{TH \text{ ген.тепла}}$ — обсяги тепло генерування тепловими насосами за визначений період часу;

$W_{TH \text{ спож.ел.енер.}}$ — електроспоживання тепловими насосами за визначений період;

t^i — тривалість температурного режиму i ;

$COP_{\text{СИСТ.}}$ — середньозважений COP системи опалення;

$W_{\text{СИСТ. ген.тепла}}$ — обсяги тепло генерування системою опалення за визначений період часу;

$W_{\text{СИСТ. спож.ел.енер.}}$ — електроспоживання системою опалення за визначений період.

Різні дослідження показують, що система опалення, які використовують теплові насоси потребують вдвічі менше коштів в порівнянні з електричною системою обігріву і не потребують палива на відміну від котлів, які використовують газ, вугілля, дрова тощо.

2.1.7 Визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення

Система теплоакumuлюючого електроопалення дозволяє накопичувати теплову енергію, заряджаючись у зоні нічного тарифу на електроенергію (зоні з меншим

тарифом) і віддаючи теплову енергію у зоні з більшим тарифом (у зоні денного тарифу), таким чином досягається значна економія витрат коштів на електроенергію для опалення будівлі.

Характеристика тепло накопичувача визначається наступними параметрами: максимальний обсяг теплової енергії в тепло накопичувачі, а також потужність тепло накопичувача. Для того, щоб визначитися із параметрами тепло накопичувача, який задовольнить потреби в опаленні будівлі необхідно проводити моделювання процесу роботи системи теплоакumuлюючого електроопалення за визначений період часу. Для моделювання використовують дані по температурним умовам регіону та тепловтратам будівлі.

Якщо в тепло накопичувачі не вистачило енергії для опалення в зоні денного тарифу, то система опалення змушена буде споживати електроенергію за денним тарифом.

Для того, щоб визначити ефективність системи теплоакumuлюючого електроопалення виконують фінансові розрахунки. Визначаються обсяги споживання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальний обсяг споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Визначаються фінансові витрати за використання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальні витрати за споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Визначається найгірший день, коли в накопичувачі не вистачило енергії на найбільшу тривалість часу, та скільки енергії і на яку тривалість не вистачило для системи опалення.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було розглянуто основні теоретичні відомості по моделюванню структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі. Було розглянути теоретичні відомості по кожній підсистемі, визначено формули по яких будуть виконуватися розрахунки та розглянути особливості роботи компонент програми.

3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Засоби розробки

Для розробки програмної системи було вирішено використати мову програмування C#, тому що вона має широкий спектр функціональних можливостей для полегшення процесу розробки складних програмних продуктів. В якості середовища програмування було вирішено використати Microsoft Visual Studio 2017 — професійне середовище розробки програмного забезпечення, яке має велику кількість корисних інструментальних засобів, що значно автоматизують та полегшують процес розробки програмного продукту на наступних етапах створення програмної системи: проектування ПЗ, конструювання ПП, тестування та виправлення помилок. [26][27]

Було прийнято рішення використати фреймворк Windows Presentation Foundation для розробки графічного інтерфейсу користувача розроблюваної системи, оскільки він має широкі можливості для створення і гнучкого налаштування графічних інтерфейсів. [28][29]

При розробці програмної системи було вирішено використати офісний пакет Microsoft Office для роботи з вхідними та вихідними даними, тому що він містить високоякісні та багатофункціональні програми для роботи з даними, такі як Word та Excel. Програмний продукт Excel має широкі можливості для роботи з масивами даних, що можливо використати для додаткових досліджень над отриманими вихідними даними. Додатковою перевагою Excel над іншими системами керування баз даних є його розповсюдженість, що значно спрощує процес розгортання створюваної системи. Програмний продукт Word має широкі можливості для роботи з текстовими даними, стилями, таблицями тощо. Розроблена система буде використовувати можливості програми Word для генерування фінального звіту, який містить результати аналізу енергоефективності інженерних систем будівлі.

Для роботи з Excel файлами та генерації звіту у форматі Word файлу було прийнято рішення використати збірку Microsoft Office Interop, тому що в ній містяться методи, що значно спрощують взаємодію з об'єктами API Office.

Було прийнято рішення використати Microsoft .NET Framework 4.6.1 для забезпечення сумісності створюваної системи із версіями операційної системи Windows, такими як: Windows 7 SP1, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10, Windows Server 2008 R2 SP1, Windows Server 2012 та Windows Server 2012 R2. Програмна технологія Microsoft .NET Framework розроблена фірмою Microsoft як платформа для розробки та експлуатації як звичайних програм, так і веб-застосунків.

3.2 Проектування моделі системи

Проектування програмної системи — це дуже важлива частина процесу розробки для отримання якісного програмного забезпечення, що буде відповідати поставленим вимогам. Для проектування моделі системи було вирішено використати нотацію IDEF0, яка використовується для моделювання бізнес-процесів. У нотації IDEF0 модель системи представлена сукупністю робіт або функцій, які взаємодіють між собою. Функції системи розглядаються незалежно від об'єктів, якими вони оперують, дозволяючи більш точно визначити логіку та взаємодію процесів системи.

Контекст моделі є найбільш абстрактним описом системи, що включає суб'єкт, мету та точку зору моделі. Метою моделі є визначення складових частин програмної системи для подальшої розробки програмної системи. За точку зору приймається точка зору розробника програмної системи.

Після визначення контексту моделі будується діаграма нульового рівня в ієрархії, яку називають контекстною діаграмою. Контекстна діаграма подібна до моделі чорного ящика, вона показує вхідні та вихідні дані системи в цілому. Контекстна діаграма зображує основні правила, за якими функціонує система, та механізми, що забезпечують функціонування цієї системи. На рисунку 3.1 зображена контекст моделі системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі та її контекстна діаграма.

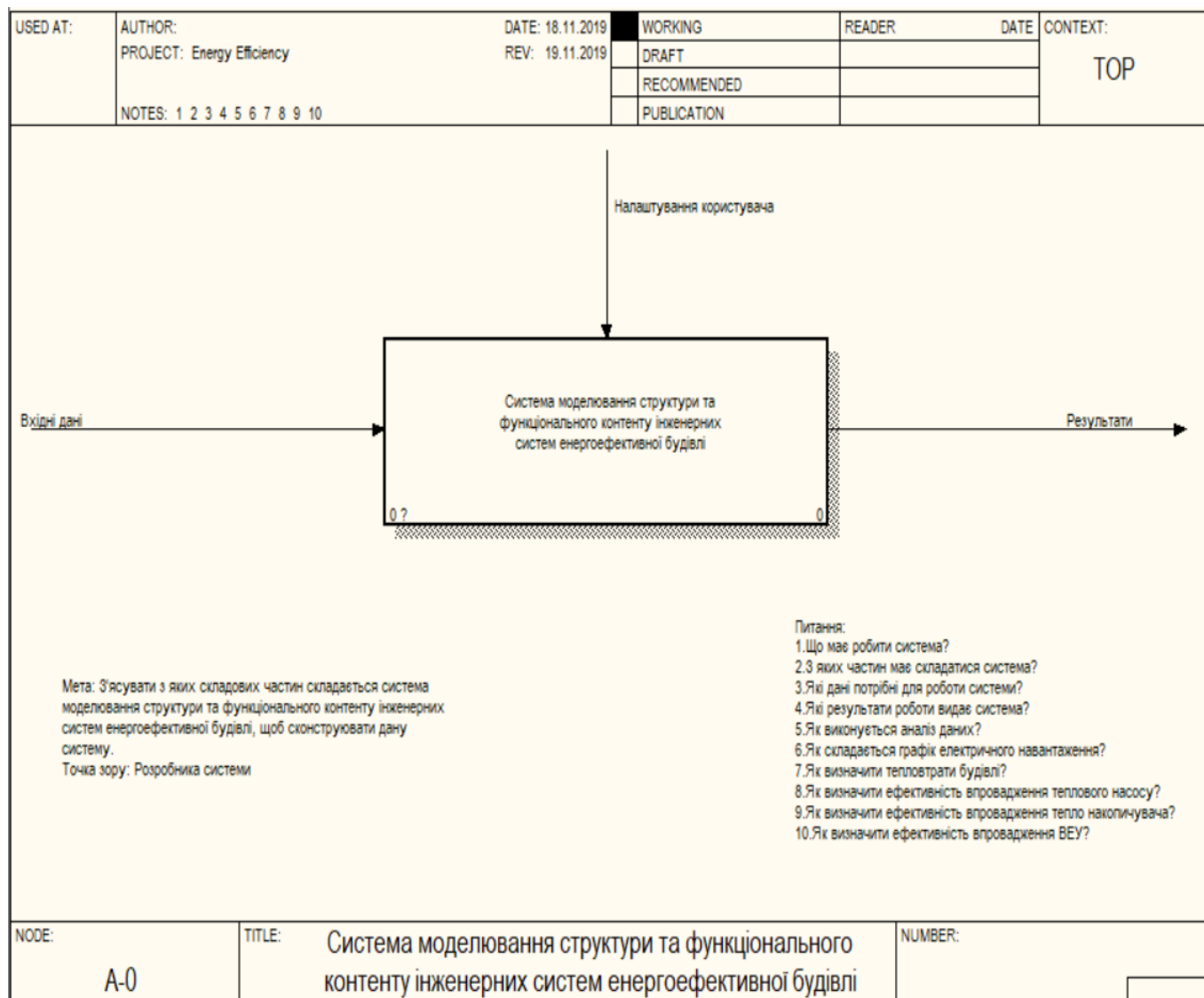


Рисунок 3.1 – Контекстна діаграма системи

Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі приймає на вхідні дані та в залежності від налаштувань користувача виконує всі необхідні розрахунки і надає користувачеві можливість переглянути результати.

Для більш детального аналізу бізнес-процесів системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі була проведена декомпозиція основної функції системи на основні складові частини. На рисунку 3.2 зображена декомпозиція контекстної моделі системи. Діаграма складається із чотирьох робіт: аналіз та обробка даних, моделювання ГЕН, аналіз тепловтрат будівлі, аналіз ефективності впровадження енергоефективних систем.

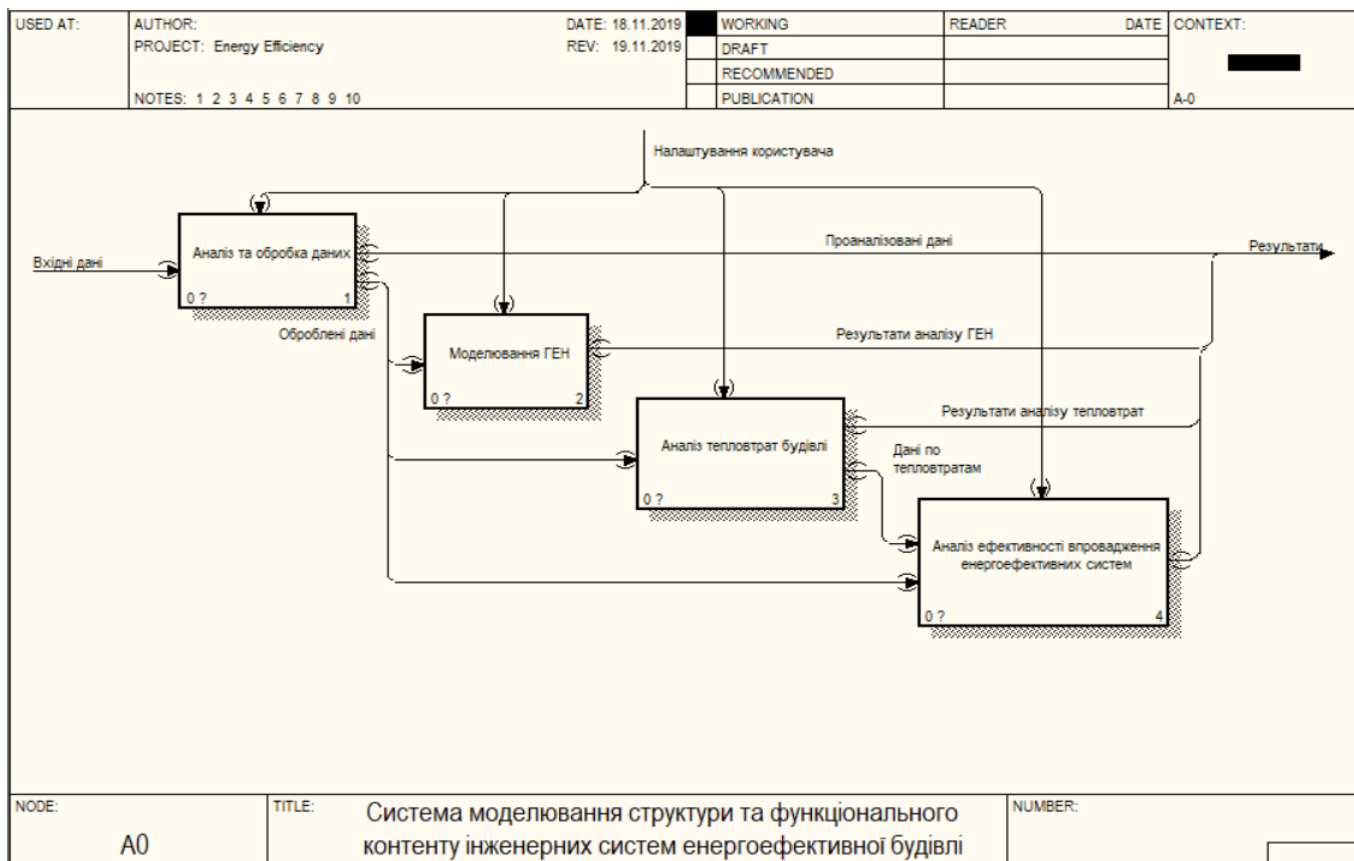


Рисунок 3.2 – Декомпозиція контекстної моделі

Функціональний блок «Аналіз та обробка даних» відповідає за роботу з даними. Він зчитує вхідні дані, виконує їх обробку та аналіз, надає оброблені дані іншим функціональним блокам, а також зберігає результати.

Функціональний блок «Моделювання ГЕН» відповідає за моделювання графіка електричного навантаження, розрахунок його основних показників, оптимізацію ГЕН тощо. Для роботи йому потрібно задати профіль побутових приладів, що використовують електроенергії, графік їх використання, а також тарифні плани для зонних тарифів. Він видає результати своєї роботи, які є доступними для користувача.

Функціональний блок «Аналіз тепловтрат» відповідає за визначення тепловтрат, витрат на опалення та ГВП. Для роботи йому потрібні метеорологічні дані, теплотехнічні характеристики будівлі тощо. Він видає результати своєї роботи, які є доступними для користувача.

Функціональний блок «Аналіз ефективності впровадження енергоефективних систем» відповідає за визначення показників ефективності наступних систем: система опалення з повітряним тепловим насосом, система електроопалення,

вітроенергетична установка. Для роботи йому потрібні метеорологічні дані, дані по тепловтратам, енергетичні характеристики систем тощо. Він видає результати своєї роботи, які є доступними для користувача.

Для більш детального аналізу для кожного функціонального блоку було побудовано діаграму потоків даних (Data flow diagramming, DFD), що використовується для опису процесів обробки даних. На рисунку 3.3 зображена діаграма потоків даних функціонального блоку «Аналіз та обробка даних».

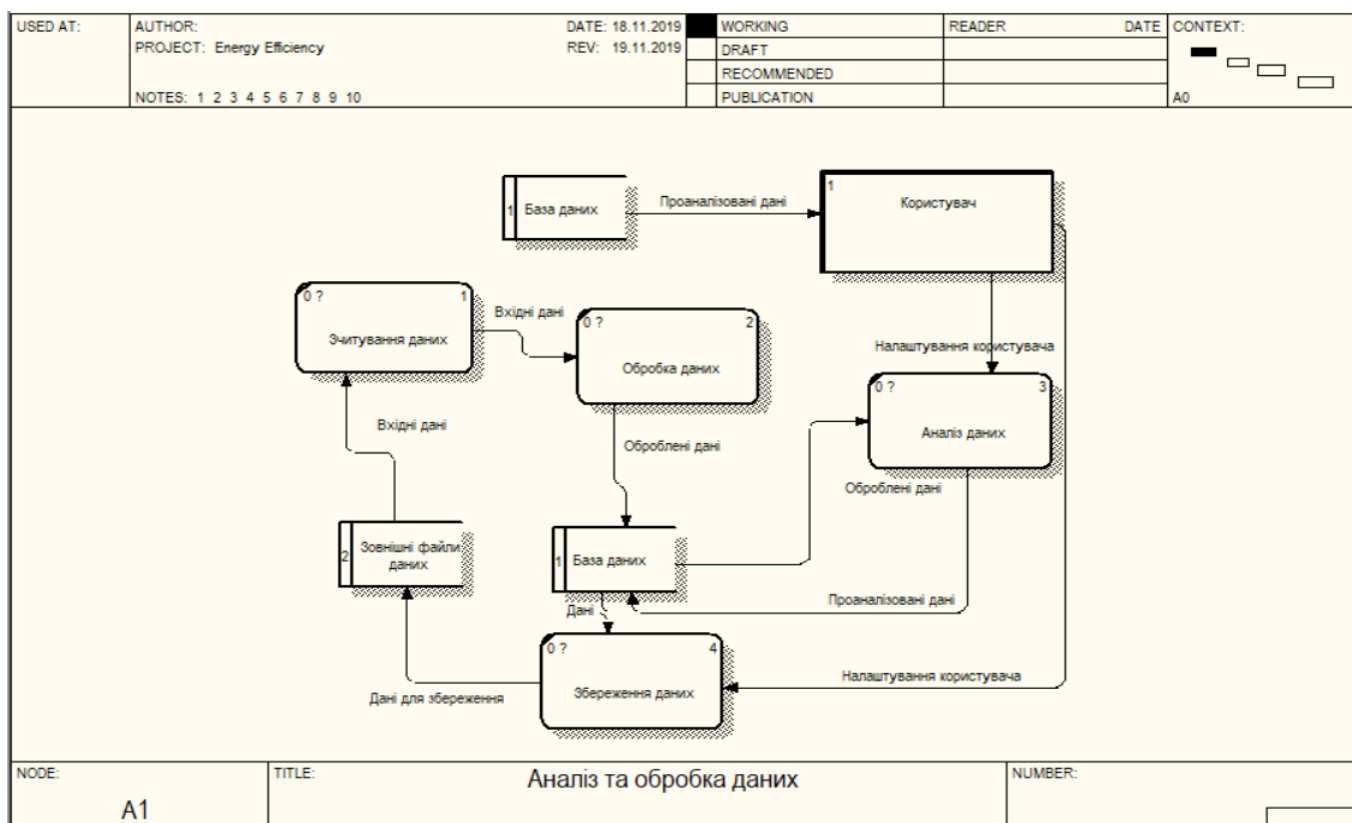


Рисунок 3.3 – DFD діаграма роботи «Аналіз та обробка даних»

На DFD діаграмі роботи «Аналіз та обробка даних» виділяють наступні функції обробки інформації: зчитування даних, обробка даних, аналіз даних, а також збереження даних. Вхідні дані зчитуються із зовнішніх файлів даних, далі виконується обробка даних для усунення можливих помилок та перетворення даних у форму, яка є зручною для їх подальшого використання.

Для передачі даних між компонентами системи застосовується база даних, щоб забезпечити низьку зв'язність між компонентами. Аналіз даних відповідає за

метеорологічний аналіз даних. Система виконує збереження даних про метеорологічні умови, теплотехнічні характеристики, енергетичні характеристики тощо. Дані твердження стосуються всіх чотирьох діаграм потоків даних.

На рисунку 3.4 зображена діаграма потоків даних функціонального блоку «Моделювання ГЕН».

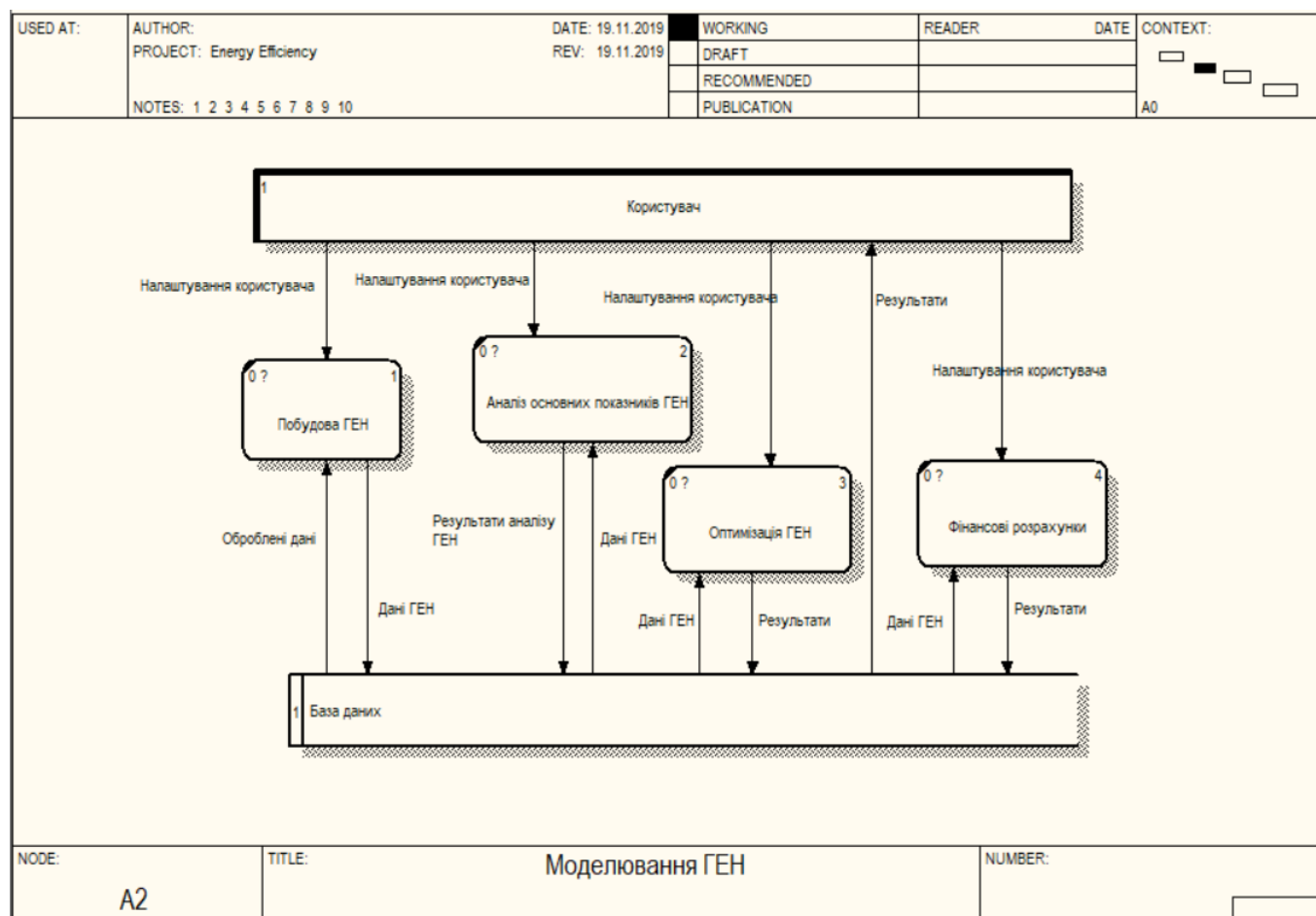


Рисунок 3.4 – DFD діаграма роботи «Моделювання ГЕН»

На DFD діаграмі роботи «Моделювання ГЕН» виділяють наступні функції обробки інформації: побудова ГЕН, аналіз основних показників ГЕН, оптимізація ГЕН, а також фінансові розрахунки.

Користувач може впливати на процеси обробки інформації змінюючи налаштування та параметри системи, а також переглядати результати роботи системи. Дані твердження стосуються всіх чотирьох діаграм потоків даних.

На рисунку 3.5 зображена діаграма потоків даних функціонального блоку «Аналіз тепловтрат будівлі».

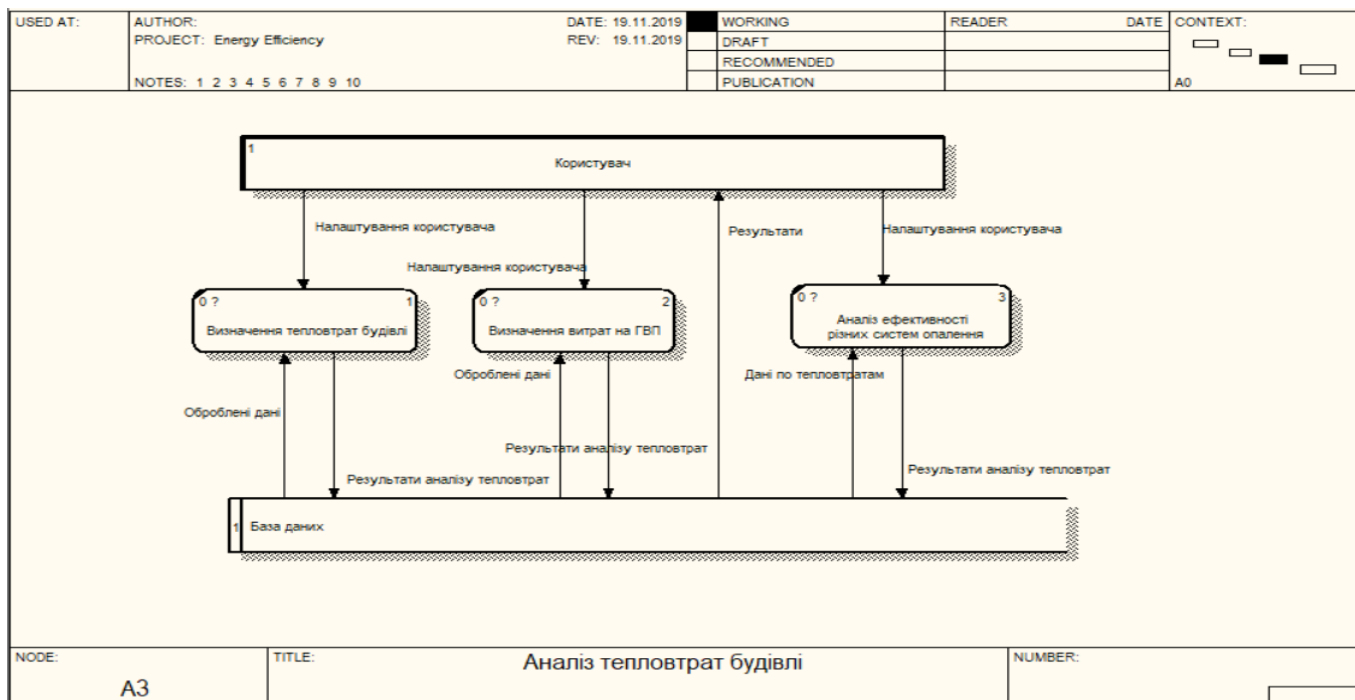


Рисунок 3.5 – DFD діаграма роботи «Аналіз тепловтрат будівлі»

На DFD діаграмі роботи «Аналіз тепловтрат будівлі» виділяють наступні функції обробки інформації: визначення тепловтрат будівлі, визначення витрат на ГВП, а також аналіз ефективності різних систем опалення. На рисунку 3.6 зображена діаграма потоків даних функціонального блоку «Аналіз ефективності».

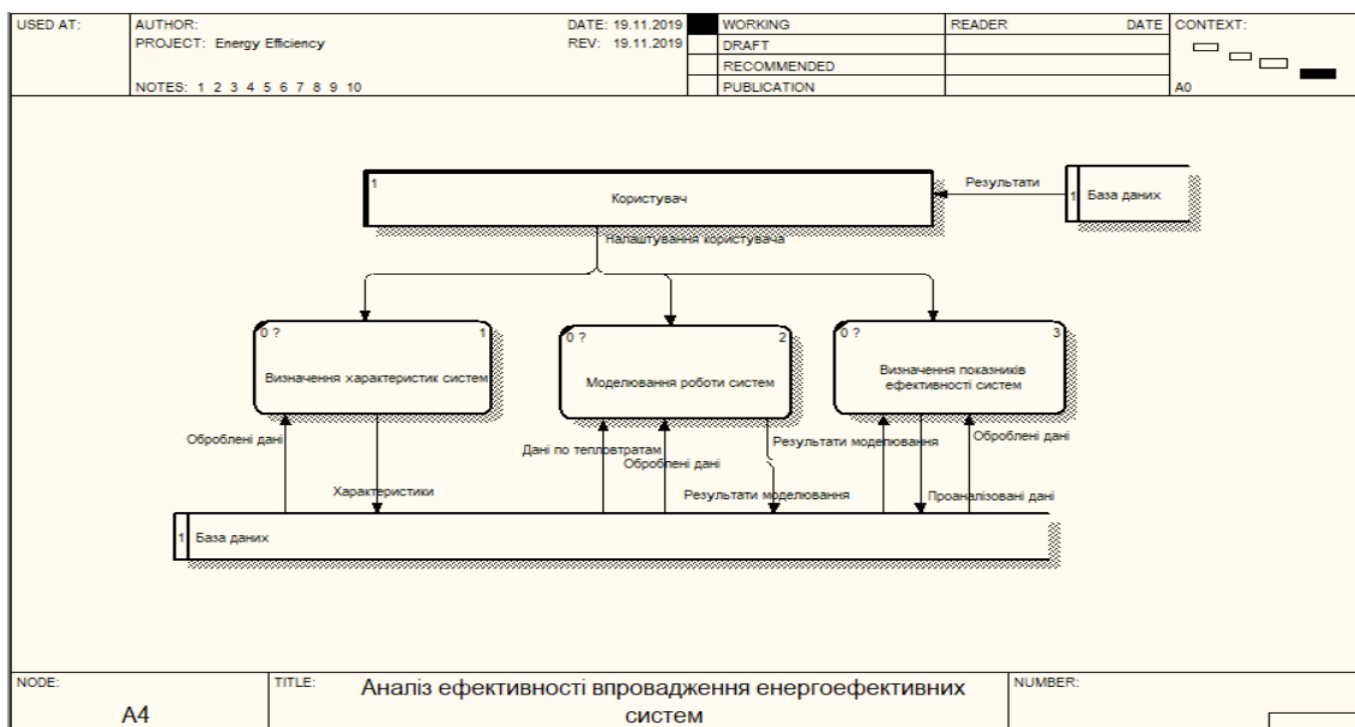


Рисунок 3.6 – DFD діаграма роботи «Аналіз ефективності»

На DFD діаграмі роботи «Аналіз ефективності впровадження енергоефективних систем» виділяють наступні функції обробки інформації: визначення характеристик систем, моделювання роботи систем, а також визначення показників ефективності систем.

3.3 Модель даних програмної системи

Концептуальна модель — це опис головних сутностей і відношень між ними. Концептуальна модель відображає предметну область, для якої розробляється програмна система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі. [30][31][32] На рисунку 3.7 представлено концептуальну модель, на якій проілюстровано основні види даних з предметної області та зв'язки між ними.

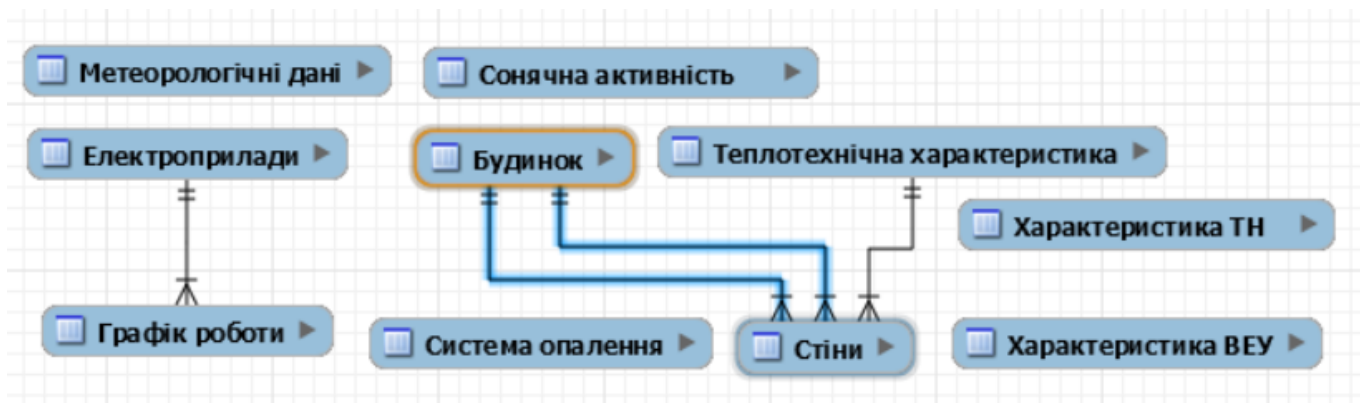


Рисунок 3.7 – концептуальну модель даних

Сутність метеорологічні дані містить інформацію про погодні умови такі як температура, напрям та швидкість вітру. Сутність сонячна активність містить дані по сонячній інсоляції. Сутність характеристика ВЕУ являє собою залежність між швидкістю вітру та потужністю електричного генерування. Сутність характеристика ТН являє собою залежність між температурою та коефіцієнтами корекції. Сутність електроприлади містить список електроприладів і пов'язана із сутністю графік роботи, яка зберігає графік використання електроприладів протягом тижня. Сутність будинок зберігає список кімнат та їх детальний опис. Сутність теплотехнічні

характеристики зберігає теплотехнічні характеристики огорожуючих конструкцій. Сутність стіни зберігає список стін, пов'язана із сутністю будинок, визначаючи суміжні кімнати. Сутність стіни також пов'язана із сутністю теплотехнічна характеристика. Сутність система опалення зберігає опис різних систем опалення і не пов'язана з іншими сутностями. Всі зв'язки між сутностями мають характер один до багатьох.

Логічна модель розширює концептуальну, визначаючи атрибути, опис і обмеження, уточнює склад сутностей і взаємозв'язки між ними. На рисунку 3.8 зображено логічну модель даних.

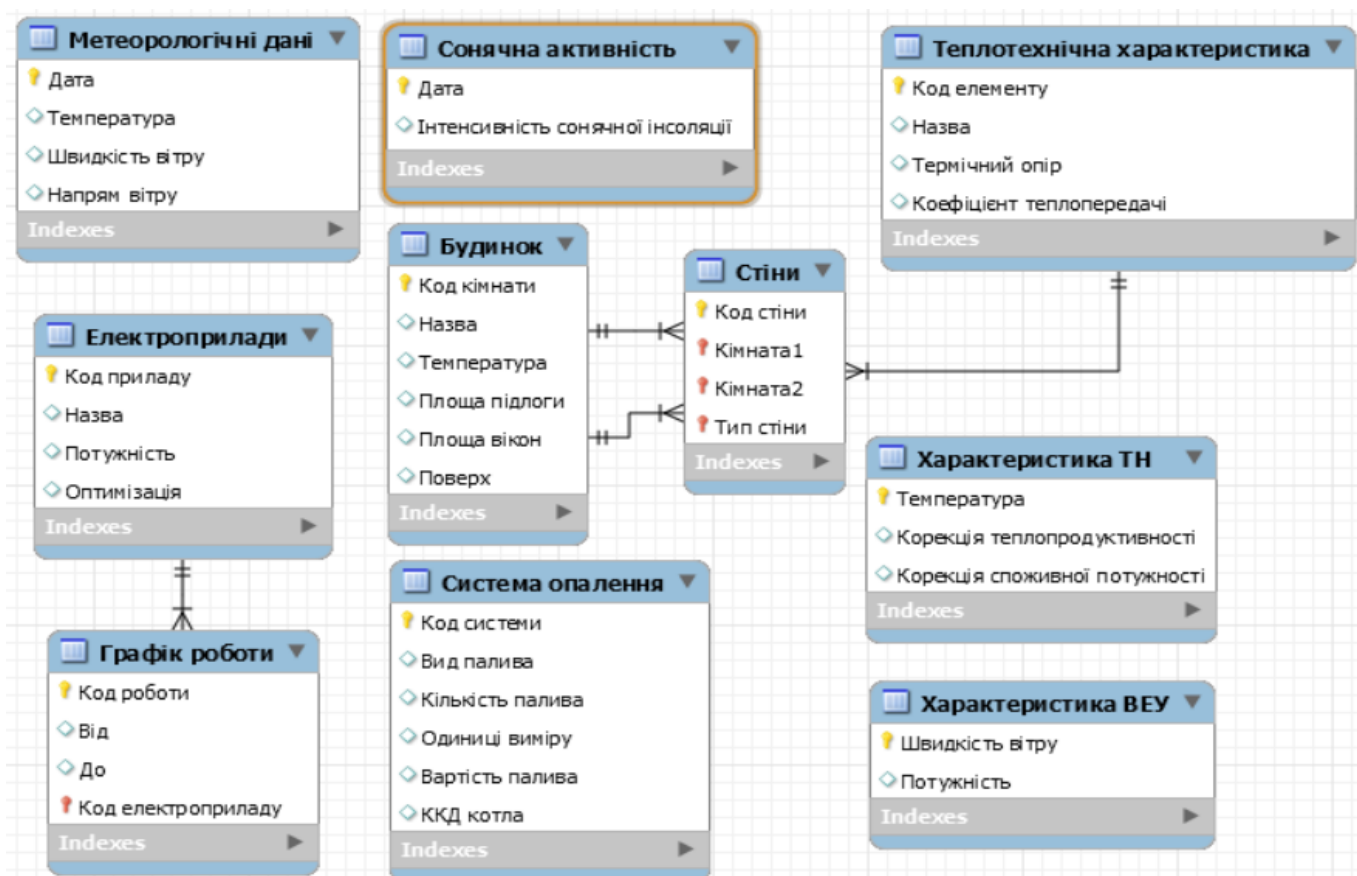


Рисунок 3.8 – логічна модель даних

Логічна модель представлена у вигляді десяти таблиць із вказаними атрибутами. В моделі представлені логічні зв'язки за допомогою яких дані різних сутностей поєднуються. Фізична модель даних буде представлена за допомогою діаграми класів.

3.4 Діаграма прецедентів розробленої системи

Діаграма прецедентів — це діаграма, яка відображає відношення між акторами та прецедентами. [33][34][35] UML діаграма прецедентів демонструє можливі варіанти дій доступних для користувачів системи зображена на рисунку 3.9.

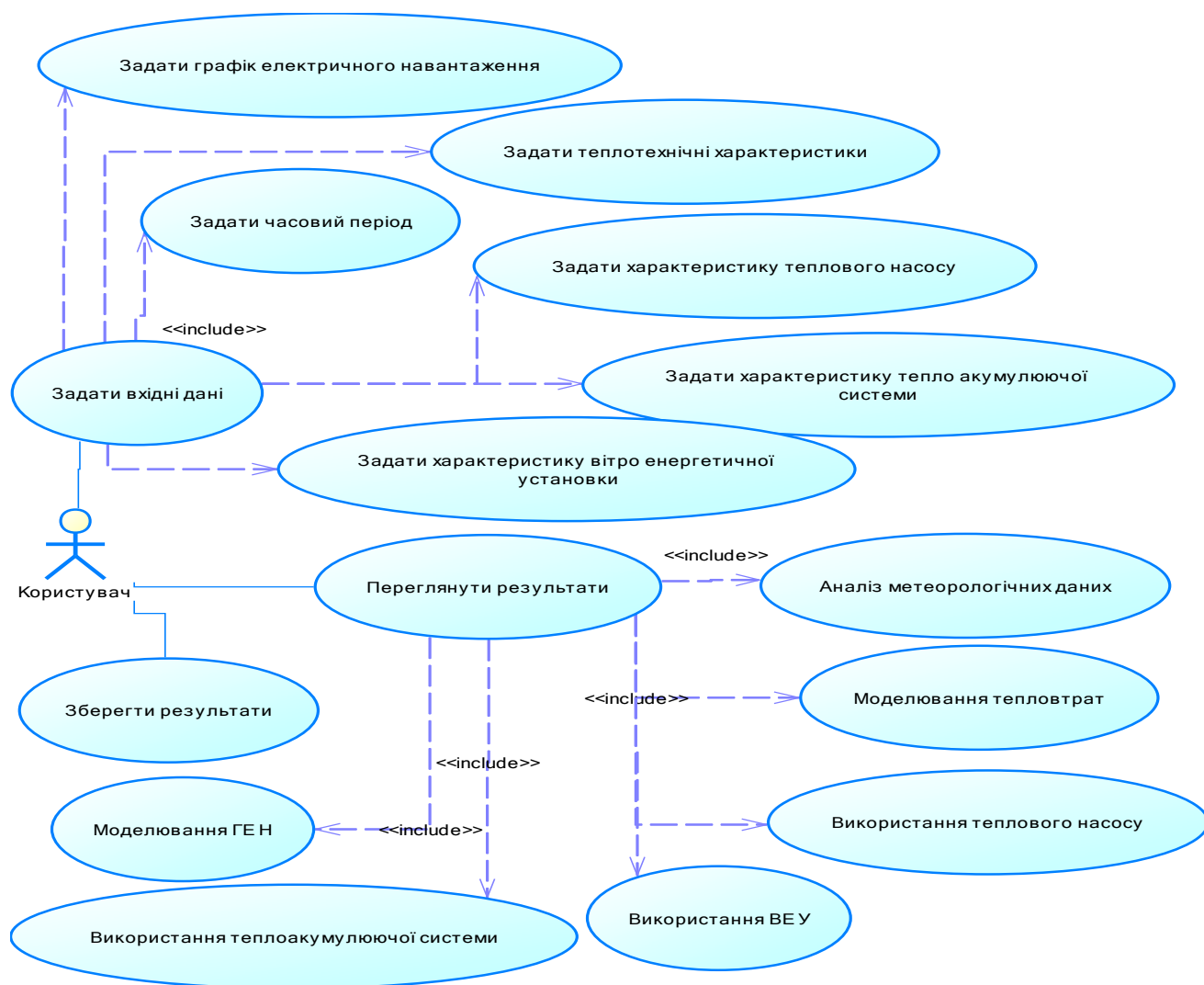


Рисунок 3.9 – Діаграма прецедентів розробленої системи

В системі було передбачено один тип користувачів програмної системи.

Користувачу системи дозволено виконувати дії:

- задати вхідні дані;
- переглянути результати;
- зберегти результати.

Система надає можливість задавати вхідні дані:

- часовий період для якого потрібно переглянути результати;
- графік електричного навантаження;
- теплотехнічні характеристики будівлі;
- характеристику теплового насосу;
- характеристику тепло акумулюючої системи;
- характеристику вітрової енергетичної установки.

Система надає можливість переглядати отримані результати:

- аналізу метеорологічних даних регіону за визначений період часу;
- моделювання графіка електричного навантаження;
- моделювання тепловтрат будівлі;
- моделювання використання теплового насосу для опалення будівлі;
- моделювання використання тепло акумулюючої системи для опалення будівлі;
- моделювання використання вітрової енергетичної установки для забезпечення потреб будівлі в електричній енергії.

Для збереження отриманих результатів користувачеві надається можливість зберегти дані, згенерувавши звіт в Word файлі.

Розроблена система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі виконує всі необхідні функціональні вимоги, які були поставлені.

3.5 Архітектура програмного забезпечення

Було прийнято рішення розробити архітектуру системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі за принципами об'єктно-орієнтованого програмування, тому для опису архітектури системи було використано діаграму класів зображена на рисунку 3.10.

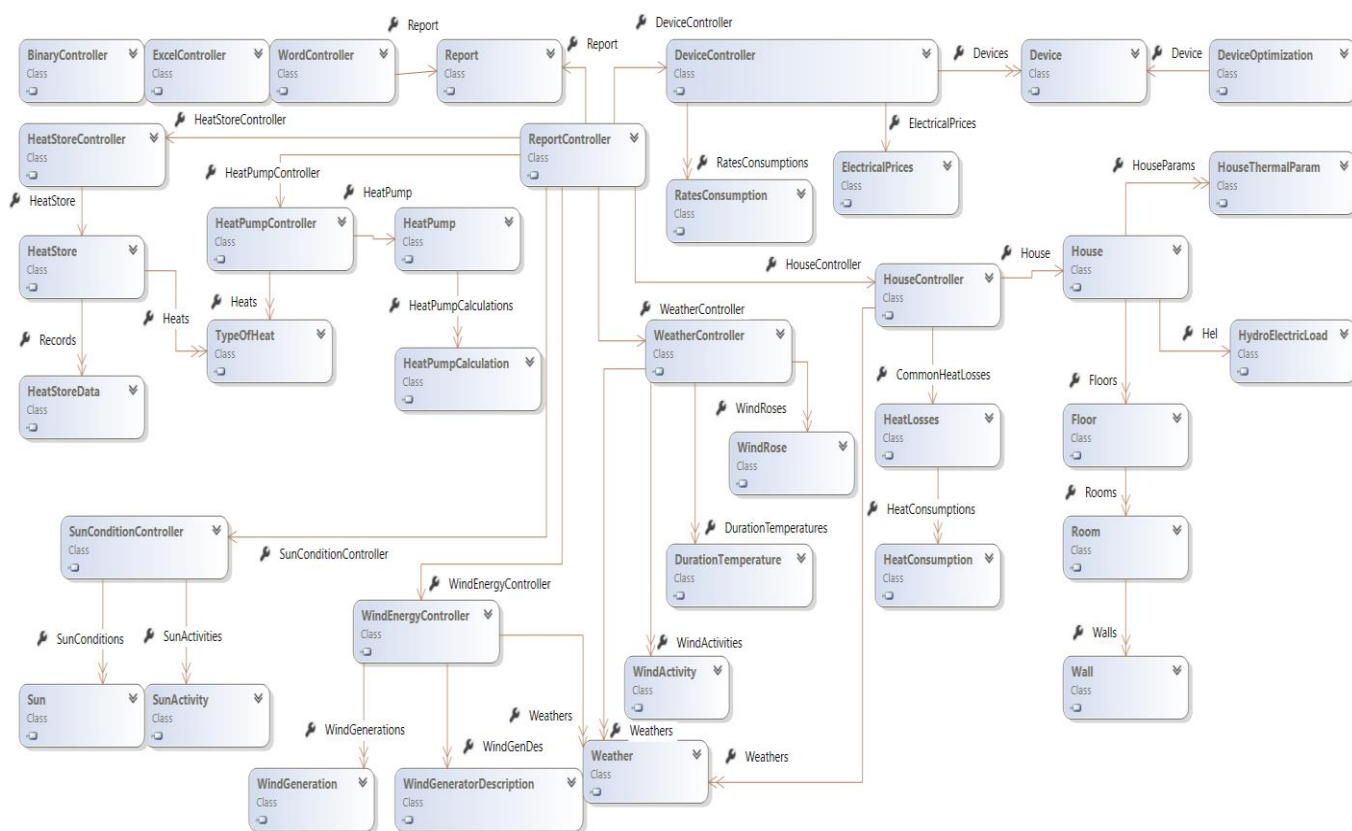


Рисунок 3.10 – Діаграма класів розробленої системи

Класи BinaryController та ExcelController відповідають за зчитування вхідних даних із файлів. Клас Report містить результати роботи системи, які використовуються класом WordController для створення звіту у вигляді Word документа. Клас ReportController відповідає за збір даних для формування звіту.

Для більш детального аналізу структури розробленої системи розглянемо кожен програмний модуль системи окремо. Система складається з шести наступних програмних модулів: модуль аналізу метеорологічних даних регіону, модуль моделювання графіка електричного навантаження, модуль аналізу теплотехнічних характеристик будівлі, потреб у тепловій енергії на опалення та ГВП, модуль визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки, модуль визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу, модуль визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення.

На рисунку 3.11 представлено діаграму класів модуля аналізу метеорологічних даних регіону.

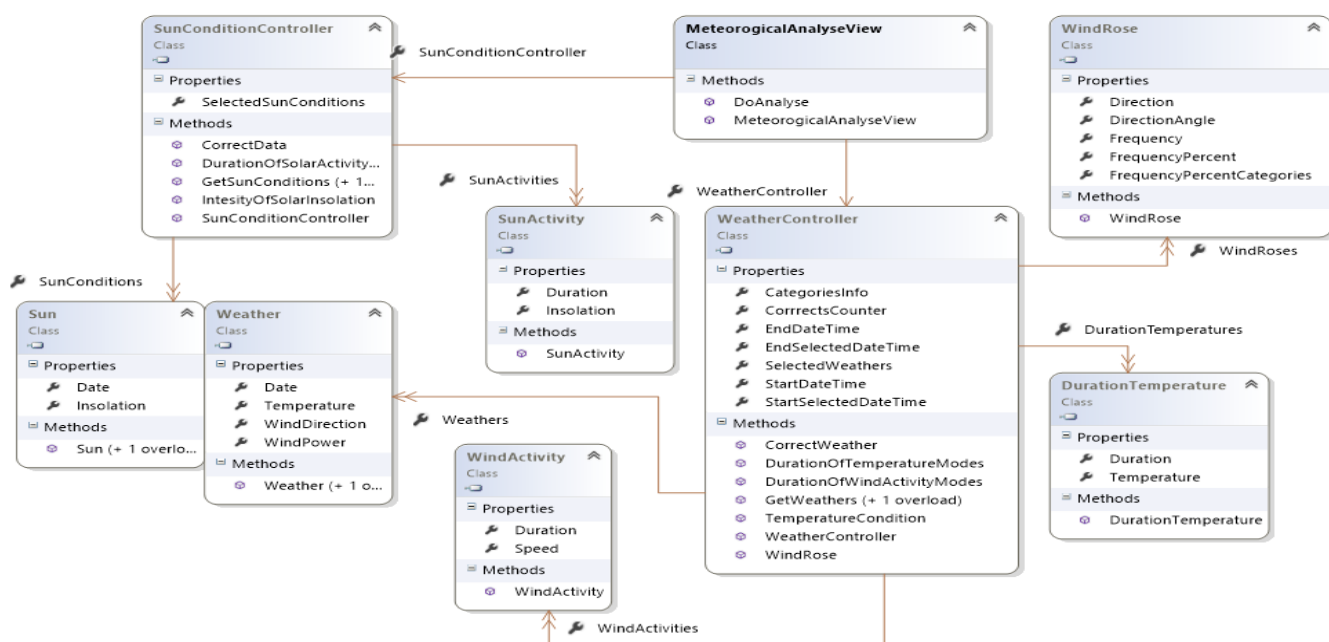


Рисунок 3.11 – Діаграма класів аналізу метеорологічних даних

Класи *WeatherController* та *SunConditionController* відповідають за аналіз метеорологічних даних і зберігають дані в класах *Weather*, *Sun*, *SunActivity*, *WindRose*, *WindActivity* та *DurationTemperature*. Клас *MeteorologicalAnalyseView* відповідає за представлення результатів роботи програмного модуля.

На рисунку 3.12 представлено діаграму класів модуля моделювання графіка електричного навантаження.

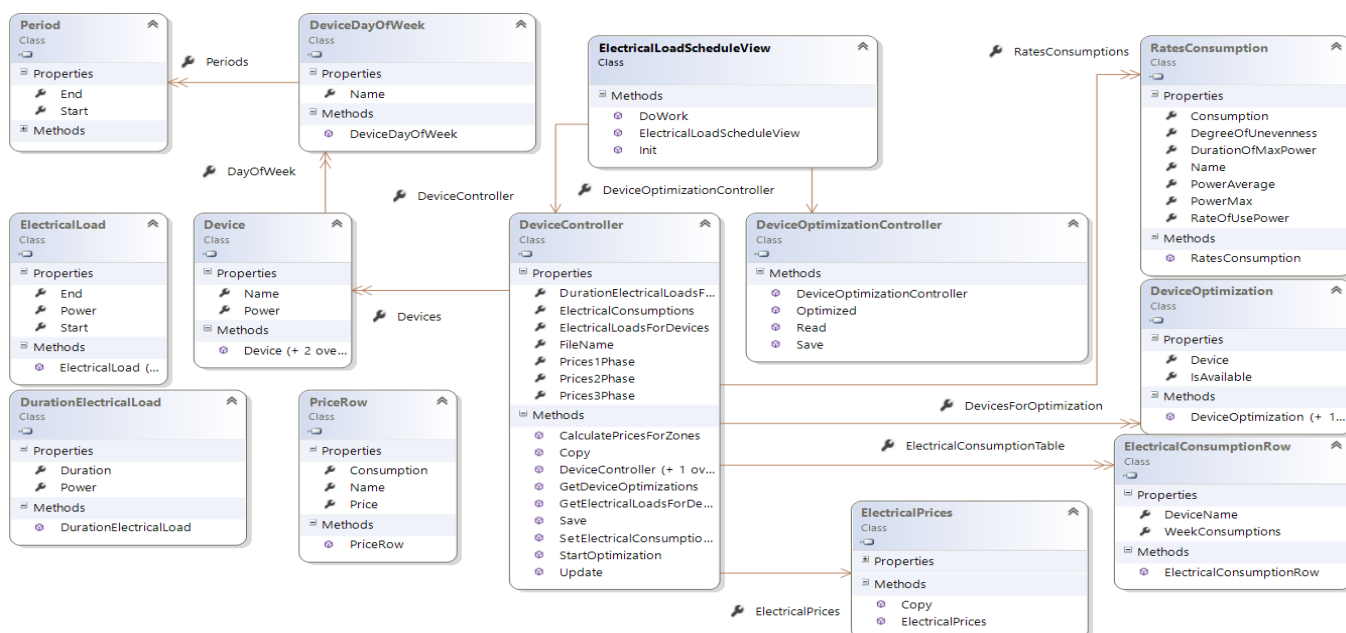


Рисунок 3.12 – Діаграма класів моделювання ГЕН

Клас `DeviceController` відповідає за моделювання графіка електричного навантаження (ГЕН), зберігає дані в класах `Device` (містить дані графіка електричного навантаження), `RatesConsumption` (містить дані показників електричного споживання) та `ElectricalPrices` (містить дані фінансових витрат на електричне споживання). Клас `DeviceOptimization` виконує оптимізацію ГЕН для двозонного та трizonного тарифу на електроенергію. Клас `ElectricalLoadScheduleView` відповідає за представлення результатів роботи програмного модуля.

На рисунку 3.13 представлено діаграму класів модуля аналізу теплотехнічних характеристик будівлі, потреб у тепловій енергії на опалення та ГВП.

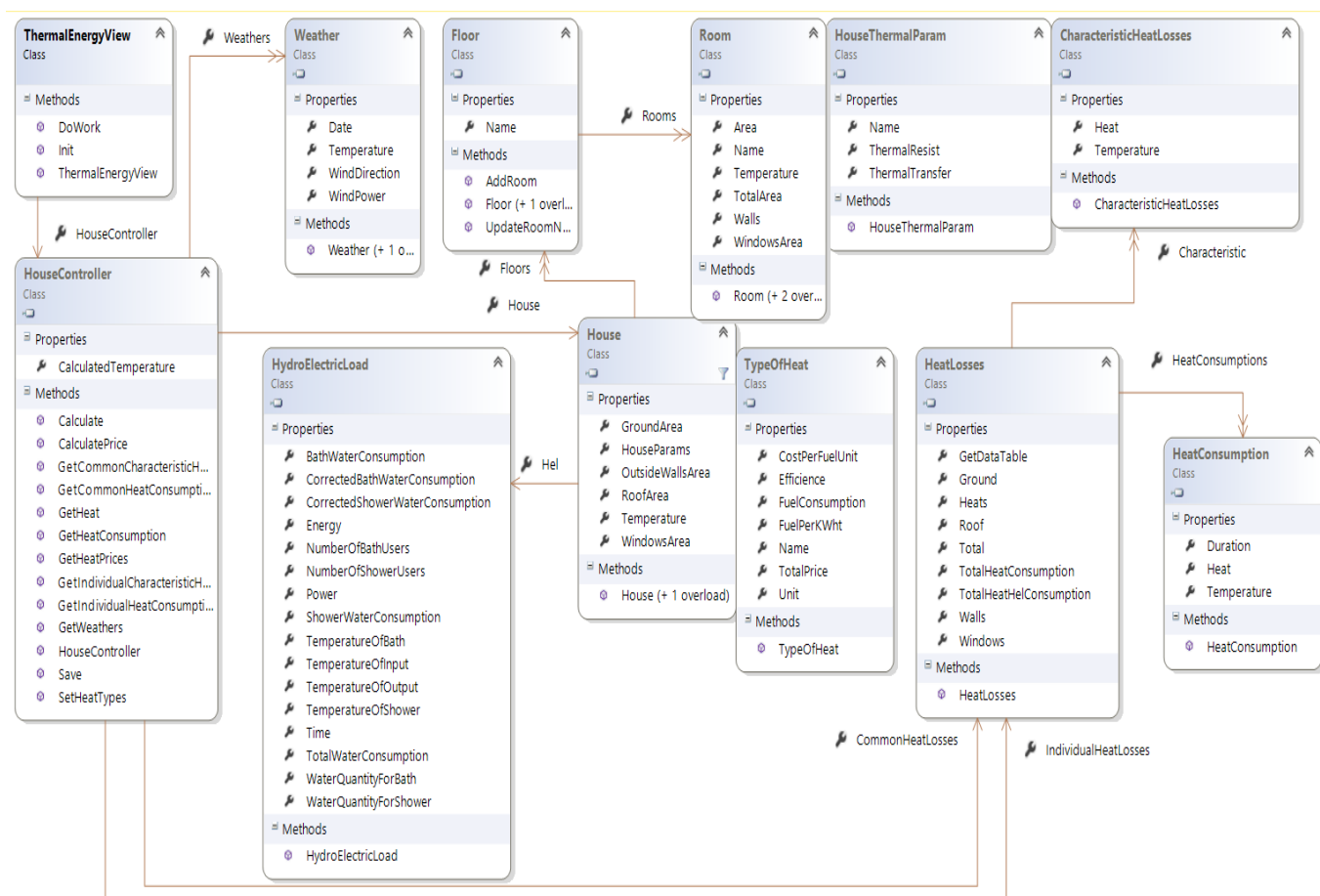


Рисунок 3.13 – Діаграма класів аналізу тепловтрат будівлі

Клас `HouseController` відповідає за визначення тепловтрат будівлі та витрат на опалення будівлі та гаряче водопостачання, зберігає дані в класах `House` (містить дані про теплотехнічні характеристики будівлі), `Floor` (містить дані про теплотехнічні характеристики поверху будівлі), `Room` (містить дані про теплотехнічні

характеристики кімнати будівлі), Wall (містить дані про теплотехнічні характеристики стіни кімнати), HouseThermalParam(містить дані про теплотехнічні характеристики будівлі), HydroElectricalLoad (містить дані про гаряче водопостачання), HeatLosses (містить дані про тепловтрати будівлі), HeatConsumptions (містить дані про споживання тепла). Клас ThermalEnergyView відповідає за представлення результатів роботи програмного модуля.

На рисунку 3.14 представлено діаграму класів модуля визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки.

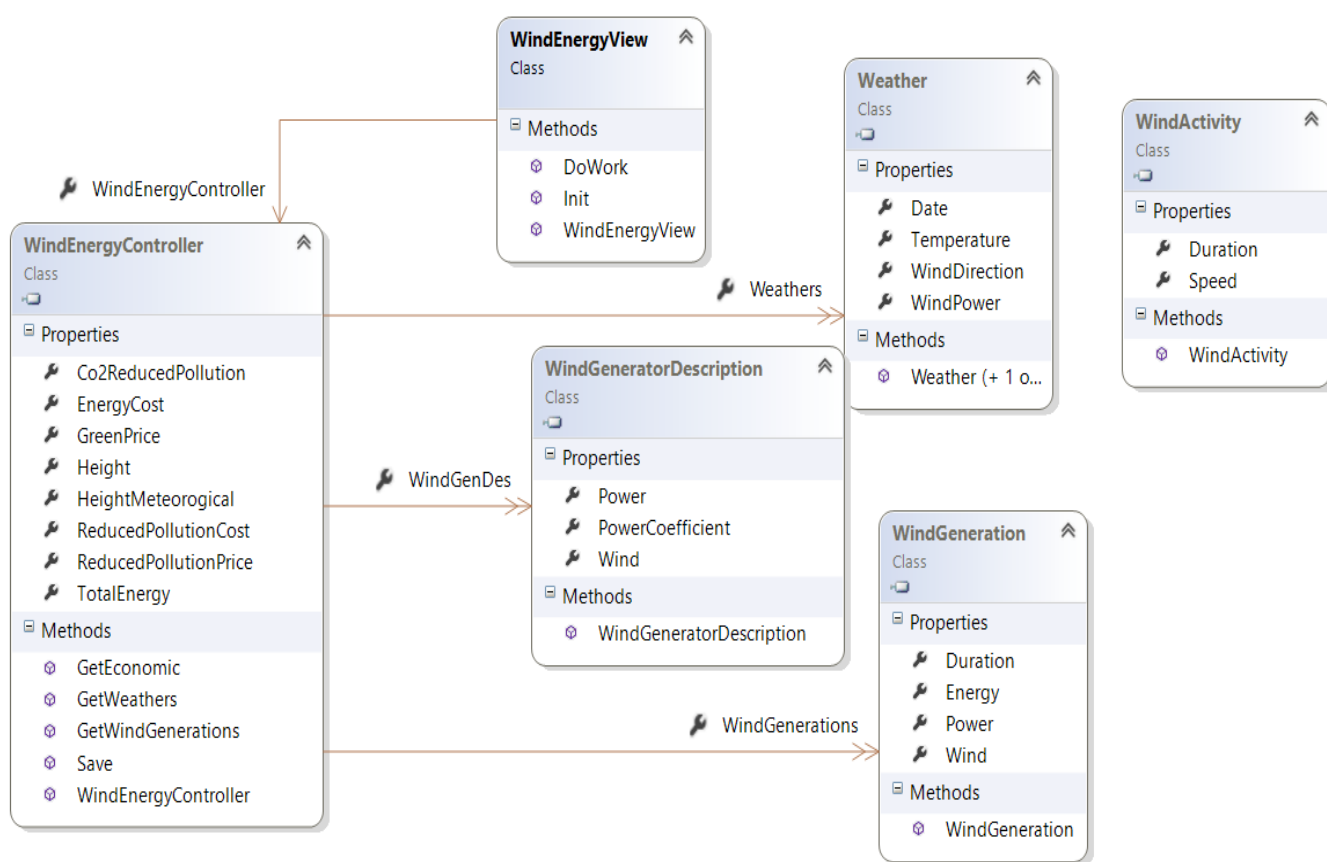


Рисунок 3.14 – Діаграма класів аналізу ефективності БЕУ

Клас WindEnergyController відповідає за моделювання роботи вітрової енергетичної установки (БЕУ) та визначає ефективність її впровадження, зберігає дані в класах WindGeneration (містить результати моделювання роботи БЕУ) та WindGeneratorDescription (містить характеристику БЕУ). Клас WindEnergyView відповідає за представлення результатів роботи програмного модуля.

На рисунку 3.15 представлено діаграму класів модуля визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу.

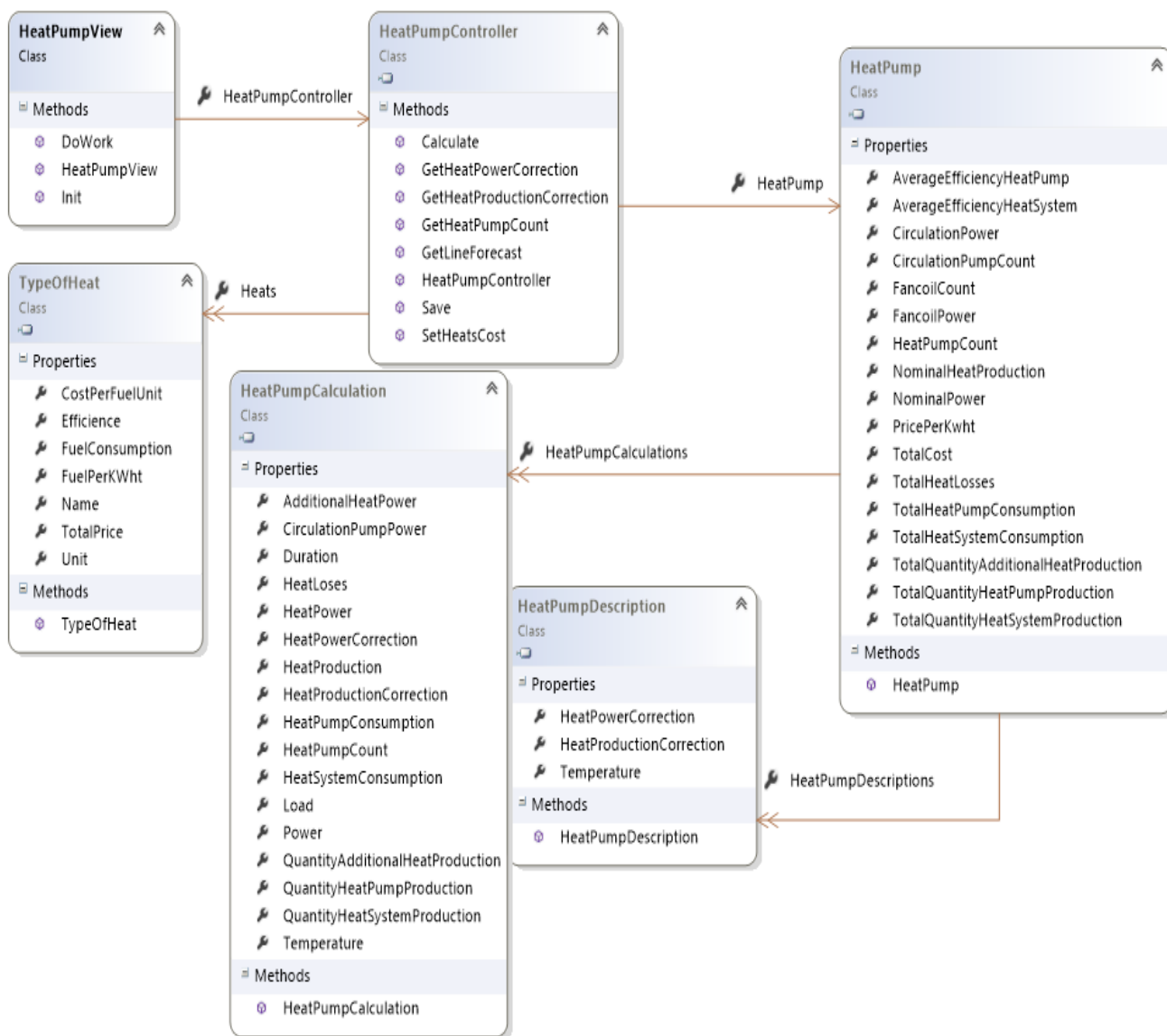


Рисунок 3.15 – Діаграма класів аналізу ефективності теплового насосу

Клас **HeatPumpController** відповідає за моделювання та визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу, зберігає дані в класах **HeatPump** (містить характеристику теплового насосу), **HeatPumpCalculation** (містить результати моделювання роботи теплового насосу та фінансові розрахунки) та **TypeOfHeat** (використовується для опису різних систем опалення). Клас **HeatPumpView** відповідає за інтерфейс користувача програмного модуля.

На рисунку 3.16 представлено діаграму класів модуля визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення

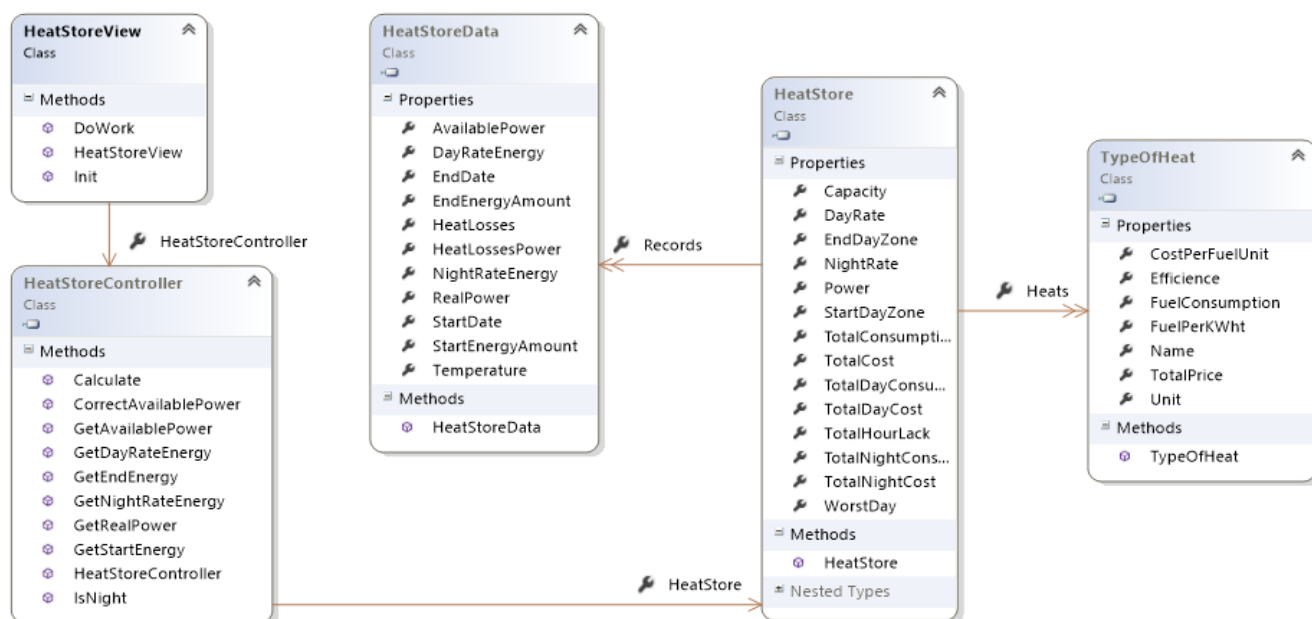


Рисунок 3.16 – Діаграма класів аналізу ефективності теплонакопичувача

Клас `HeatStoreController` відповідає за моделювання та визначення ефективності впровадження тепло акумулюючої системи опалення, зберігає дані в класах `HeatStore` (містить характеристику тепло акумулюючої системи опалення) та `HeatStoreData` (містить результати моделювання роботи тепло акумулюючої системи опалення та фінансові розрахунки). Клас `HeatStoreView` відповідає за інтерфейс користувача програмного модуля.

Програмна архітектура системи має трирівневу архітектуру: рівень доступу до даних, рівень бізнес логіки та рівень представлення.

Рівень доступу до даних відповідає за зчитування, обробку та збереження вхідних даних. Обробка вхідних даних необхідна для усунення надлишкових даних та автоматизації процесу збору та розрахунку статистики.

Рівень бізнес логіки виконує побудову моделей структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, складає прогноз на майбутнє. Модуль виконує аналіз метеорологічних даних регіону, визначає теплотехнічні

характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та гаряче водопостачання(ГВП) та дозволяє користувачам обрати необхідне обладнання задля комфортного та енергоощадного проживання в будівлі.

Рівень представлення використовує графічний інтерфейс користувача для виводу отриманих результатів роботи системи.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі було розглянуто основні засоби програмної розробки системи: мова програмування — С#, середовище розробки Microsoft Visual Studio 2017.

Розроблена система має графічний багато віконний інтерфейс користувача, який надає можливість користувачу змінювати вхідні дані, переглядати і зберігати результати роботи програми.

Було розглянуто модель системи за допомогою нотації бізнес-процесів IDEF0 та діаграм потоків даних DFD. Було побудовано модель даних системи, визначено основні дії користувачів системи за допомогою діаграми прецедентів UML нотації. Була спроектована архітектура системи за допомогою діаграми класів.

В результаті виконання роботи було розроблено архітектуру системи, яка виконує всі поставлені задачі, пов'язані з моделюванням структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ

4.1 Системні вимоги та інсталяція

Для забезпечення безвідмовної роботи системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі треба дотримуватися основних вимог при інсталяції та рекомендацій щодо її використання.

Для використання розробленої програмної системи персональний комп'ютер повинен відповідати поставленим мінімальним системним вимогам: бути оснащеним процесором Intel ® Core ™ 2 / 2 Quad / Pentium ® / Celeron ® / Xeon™ чи AMD 6 / Turion ™ / Athlon ™ / Duron ™ / Sempron ™ з тактовою частотою не менше 2 GHz, в якості операційної системи на комп'ютері повинна бути встановлена операційна система Windows 7 SP1, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10, Windows Server 2008 R2 SP1, Windows Server 2012 та Windows Server 2012 R2. Також на жорсткому диску повинно бути не менше 100 Мб вільного місця. Персональний комп'ютер повинен бути оснащений монітором з роздільною здатністю не менше 1200x600. На персональному комп'ютері повинні бути встановлені програмні засоби: Microsoft Office 2007 або більш нові версії, Microsoft .NET Framework 4.6.1 або більш нові версії програмної платформи.

Розроблена система не потребує процесу інсталяції, достатньо запустити виконуваний файл «Енергоефективність будівлі.exe», який знаходиться в однойменній папці, після цього система запуститься і з'явиться головне діалогове вікно програми.

Для забезпечення безвідмовної роботи системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі не видаляйте та не перейменовуйте файли та каталоги з папки розробленої програмної системи.

4.2 Особливості використання програмної системи

4.2.1 Особливості інтерфейсу програми

Графічний інтерфейс розробленої системи представлений у вигляді діалогового вікна з вкладками, які зображено на рисунку 4.1.

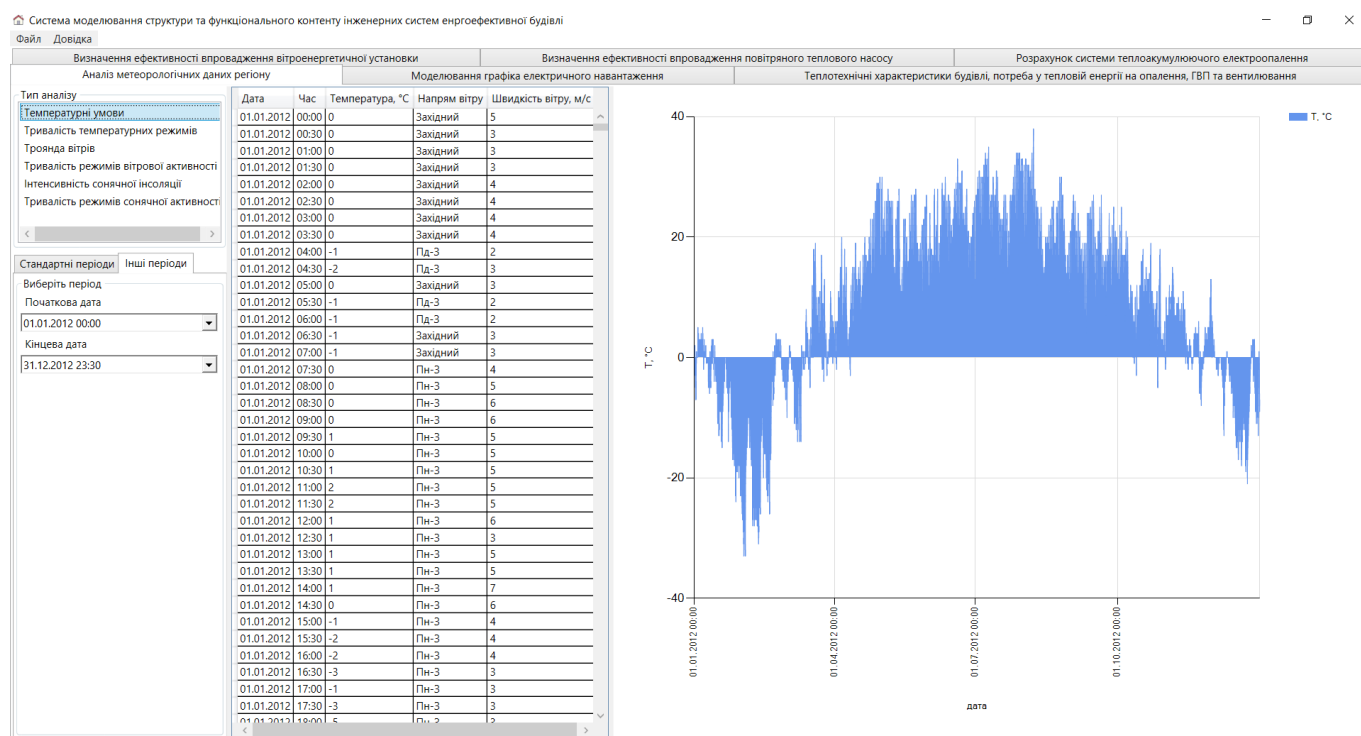


Рисунок 4.1 – Головне вікно програми

Кожна вкладка вікна програми відповідає за певний етап аналізу енергоефективності будівлі, а саме аналіз метеорологічних даних регіону, моделювання графіка електричного навантаження, теплотехнічні характеристики будівлі, потреба у тепловій енергії опалення та ГВП, визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки, визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу, визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення.

На кожній вкладці користувач може редагувати вхідні дані, зберігати їх та переглядати результати виконання розрахунків. Вкладки пов'язані між собою і можуть використовувати отриману від користувача та проведення розрахунків інформацію з інших вкладок.

4.2.2 Аналіз метеорологічних даних регіону

Для аналізу метеорологічних даних регіону розроблена програмна система зчитує ретроспективні дані з бази даних. База даних містить наступну ретроспективну метеорологічну інформацію регіону: дата, час, температура повітря, напрям вітру, швидкість вітру, інтенсивність сонячної інсоляції. База даних містить інформацію за цілий рік з часовими інтервалами в півгодини. Програмна система виконує перевірку бази даних на повноту інформації та, за необхідності, виконує корекцію даних. Якщо в базі даних були виявлені порожні поля або відсутні дані за часовий період, то система виконує автоматичну корекцію даних, тобто для відсутніх числових даних значення визначається як середнє арифметичне двох сусідніх відомих значень, для напрямку вітру значення береться із попереднього часового періоду.

Програмна система надає можливість користувачу переглянути метеорологічні дані за визначений період часу як в табличному так і в графічному представленні. На рисунку 4.2 зображено температурні умови за визначений період часу.

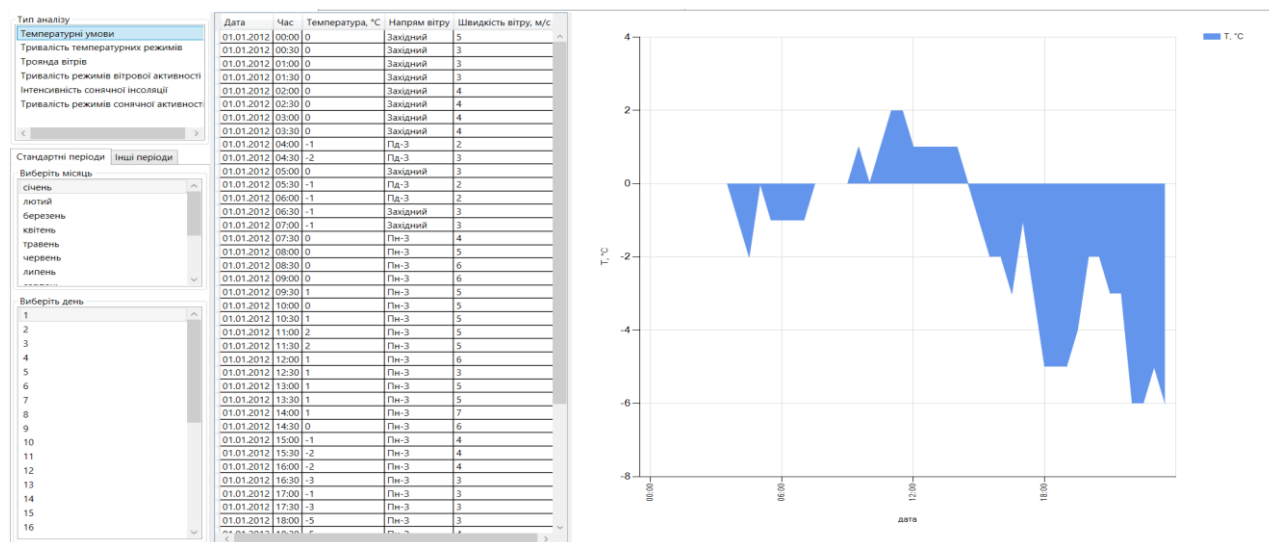


Рисунок 4.2 – Температурні умови

Користувачу надається можливість вибрати часовий період для якого потрібно переглянути дані.

Розроблена програмна система використовує інформацію про температурні умови за визначений період часу для визначення тривалості температурних режимів.

На рисунку 4.3 зображена отримана інформація про тривалість температурних режимів, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості температурних режимів.

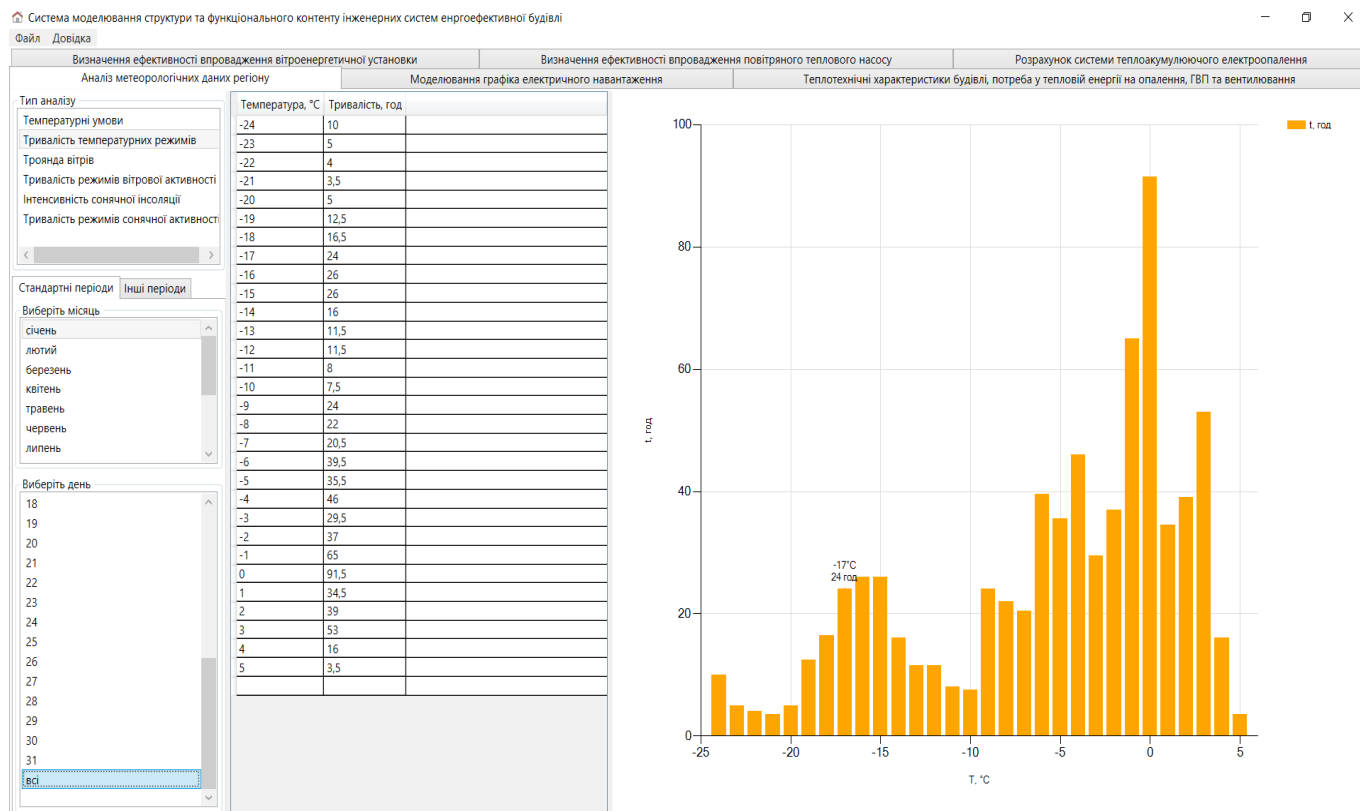


Рисунок 4.3 – Тривалість температурних режимів

Для побудови діаграми роза вітрів програмна система використовує дані про швидкість та напрям вітру за визначений період часу.

Роза вітрів будується для основних та половинних напрямів (Північ — Північний схід — Схід — Південний схід — Південь — Південний захід — Захід — Північний захід) з розподілом за інтенсивністю вітрової активності за діапазонами (від 0 до 0,25 включно); (від 0,2 до 0,5 включно); (від 0,5 до 0,75 включно); (від 0,75 до 1 включно), де значенню 1 відповідає найбільша швидкість вітру за визначений період часу.

На рисунку 4.4 зображено розу вітрів для визначеного періоду часу, а також таблицю, яка містить дані про частоту появи вітру в годинах та у відсотковому відношенні для різних напрямів вітру, а також для змінного вітру та штилю.

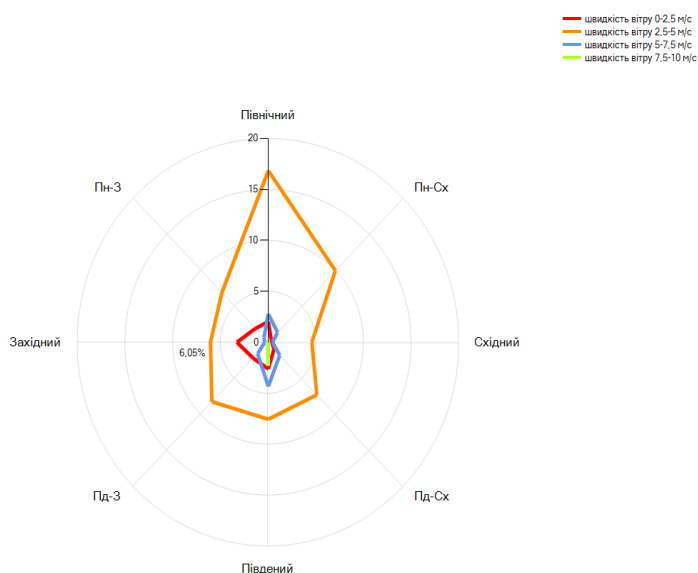
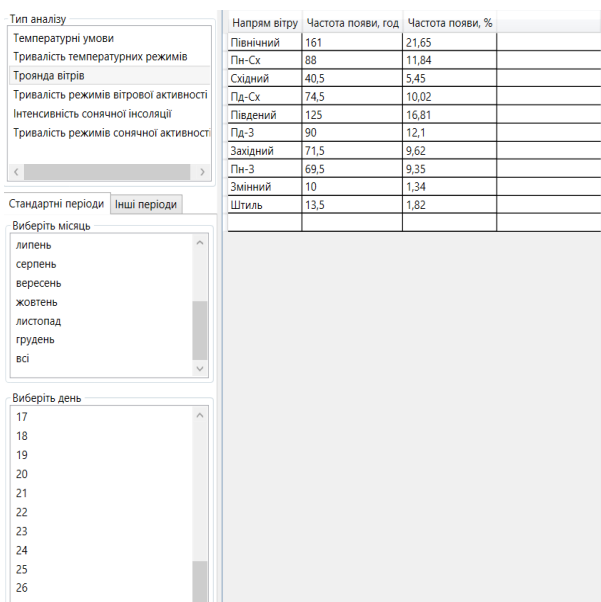


Рисунок 4.4 – Роза вітрів

Розроблена програмна система використовує інформацію про швидкість вітру за визначений період часу для визначення тривалості режимів вітрової активності. На рисунку 4.5 зображена отримана інформація про тривалість режимів вітрової активності, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості режимів вітрової активності.

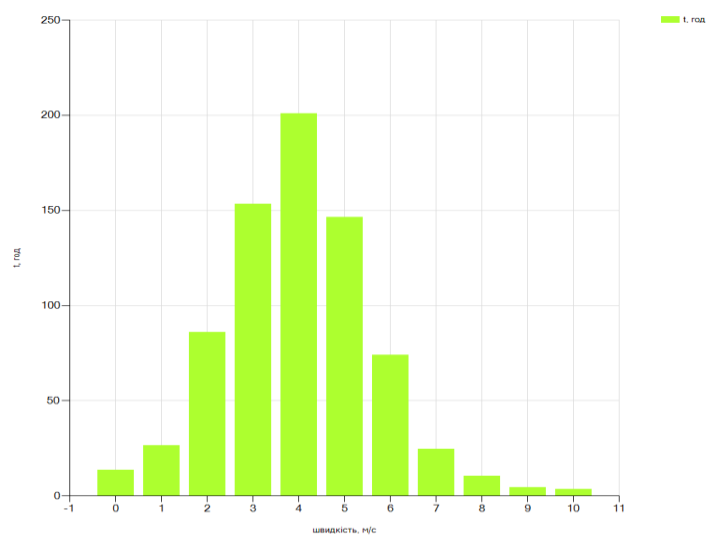
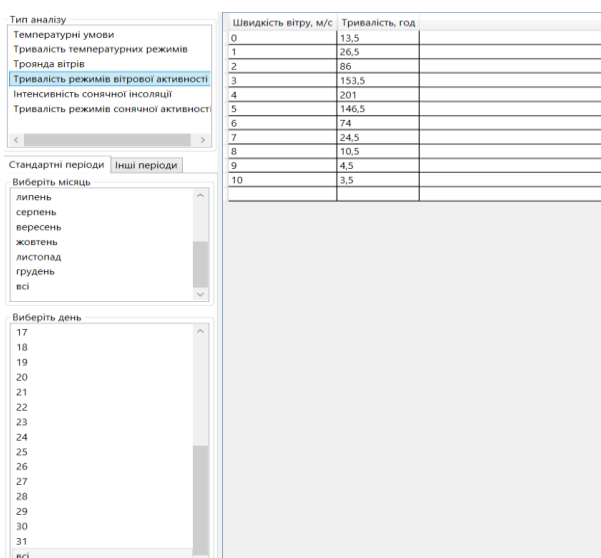


Рисунок 4.5 – Тривалість режимів вітрової активності

Програмна система використовує інформацію про інтенсивність сонячної інсоляції для побудови відповідної діаграми за визначений період часу. На

рисунку 4.6 зображена отримана інформація про інтенсивність сонячної інсоляції, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми інтенсивності сонячної інсоляції.

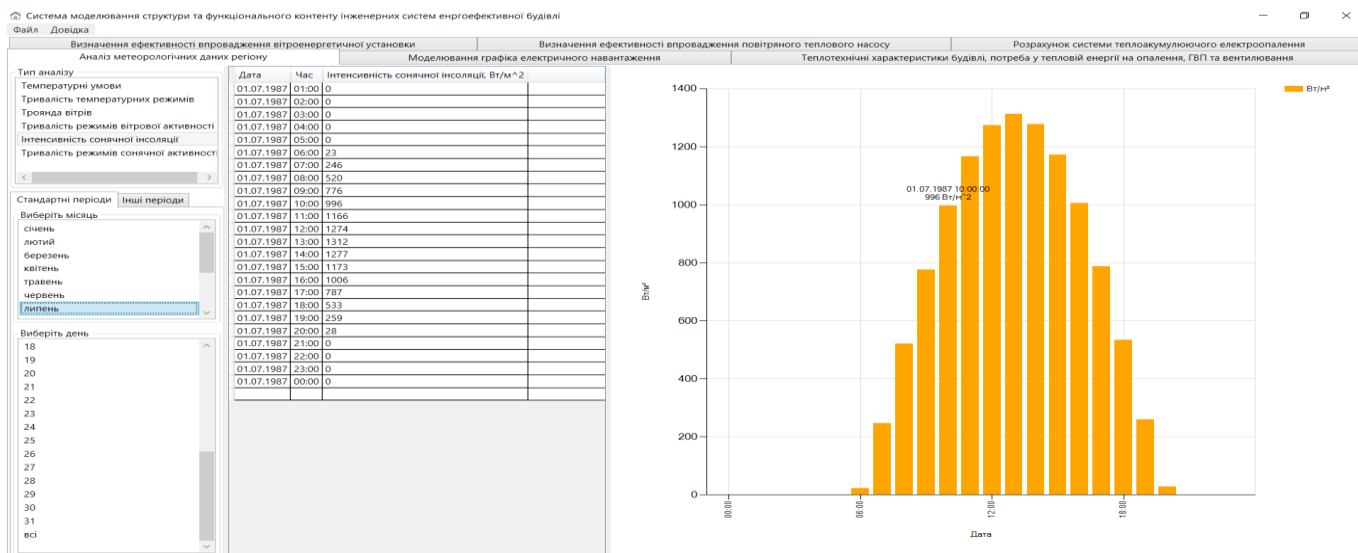
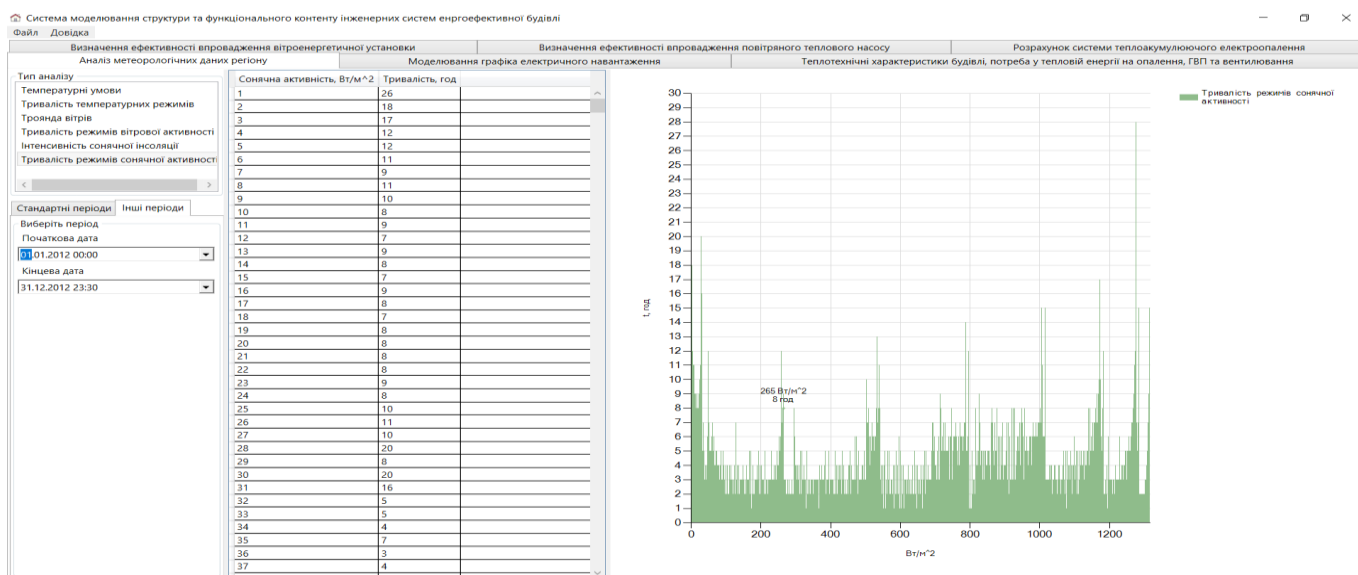


Рисунок 4.6 – Інтенсивність сонячної інсоляції

Розроблена програмна система використовує інформацію про інтенсивність сонячної інсоляції за визначений період часу для визначення тривалості режимів сонячної активності. На рисунку 4.7 зображена отримана інформація про тривалість режимів сонячної активності, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми тривалості режимів сонячної активності.



Користувачеві надається можливість визначати період часу за який треба переглянути результати аналізу метеорологічних умов, в якості визначеного періоду часу користувач може задавати не тільки як окремі дні чи місяці, але і як довільний часовий інтервал, наприклад з 2 січня по 17 грудня.

4.2.3 Моделювання графіка електричного навантаження

Для того, щоб побудувати графік електричного навантаження спочатку необхідно скласти профіль побутових потреб споживача. Користувач складає перелік приладів, які споживають електричну енергію, та їх потужність. Користувач системи складає часовий графік забезпечення потреб за допомогою наявного обладнання у розрахунку на один тиждень. На рисунку 4.8 зображено задання користувачем графіка електричного навантаження (ГЕН) для побутових приладів.

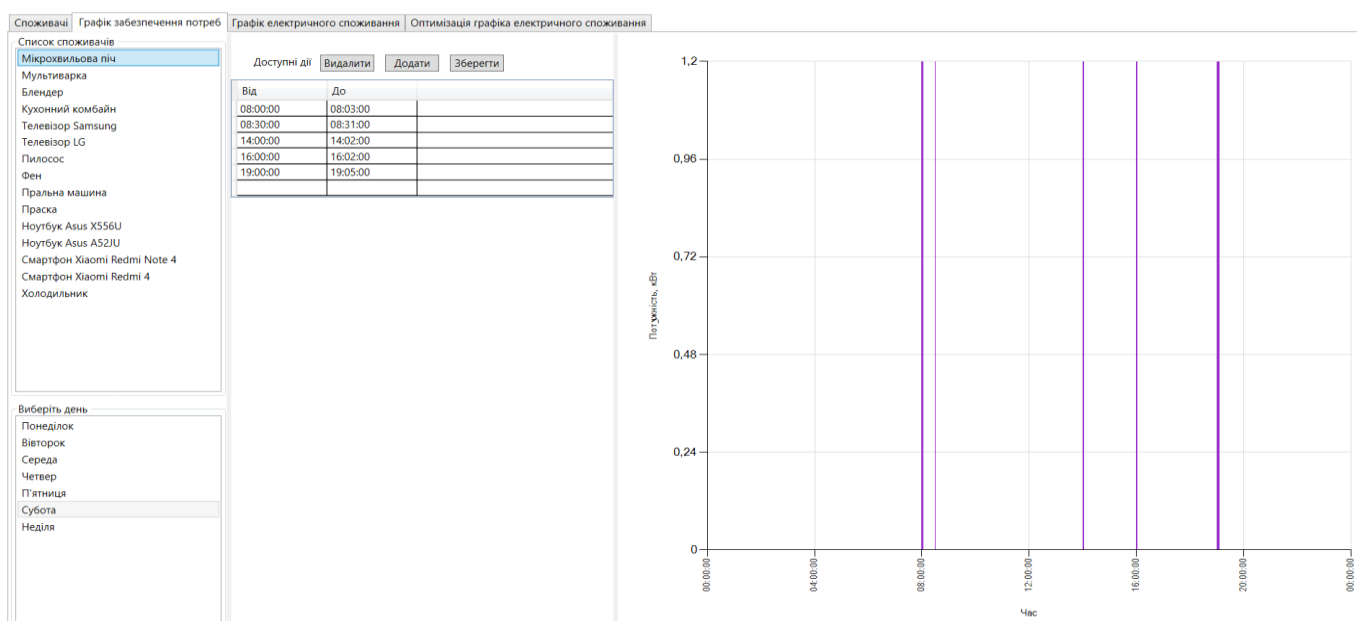


Рисунок 4.8 – Задання графіка електричного навантаження

Використання побутових приладів задається часовими інтервалами для кожного приладу і для кожного дня тижня окремо. Розроблена система забезпечує інтерфейс користувача механізмом модифікації списку приладів та ГЕН. Система зберігає інформацію про список приладів та ГЕН, щоб при наступних запусках програми не потрібно було вводити всю інформацію заново.

Програма виконує побудову графіка електричного навантаження (ГЕН) та тривалості навантаження. На рисунку 4.9 зображено сумарний ГЕН за понеділок для всіх електричних приладів.

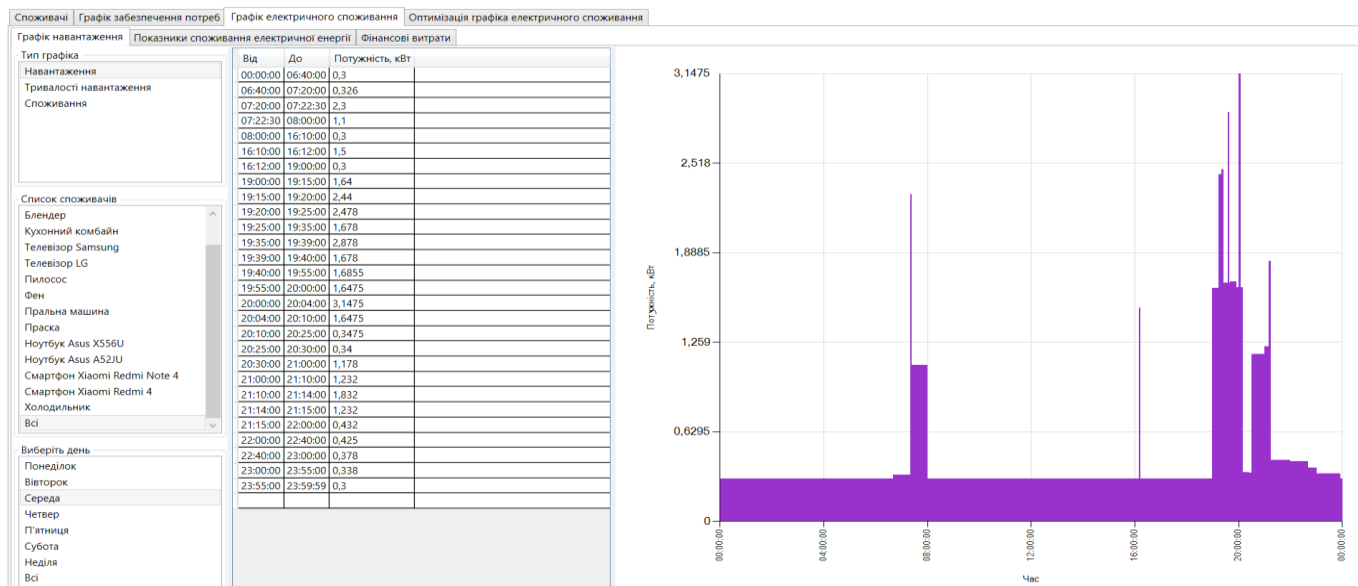


Рисунок 4.9 – Графік електричного навантаження

Програмна система надає користувачеві можливість переглянути ГЕН для вибраного приладу або для всіх приладів за визначений користувачем день або за весь тиждень. Використовуючи дані ГЕН система визначає тривалість електричного навантаження, яка зображена на рисунку 4.10, яка доступна користувачеві у вигляді таблиці та діаграми.

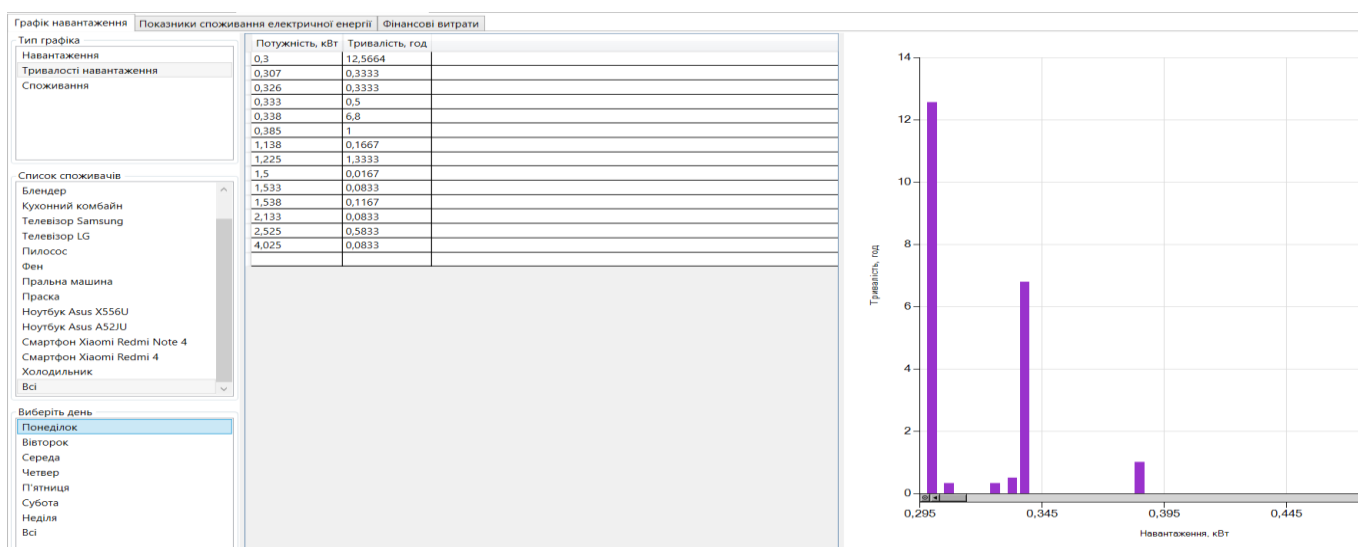


Рисунок 4.10 – Тривалість електричного навантаження

Система визначає обсяги спожитої електроенергії за кожний день тижню та за весь тиждень як для кожного окремого електричного приладу так і для всіх приладів разом. На рисунку 4.11 зображено приклад вікна інтерфейсу програми в якому користувачеві доступні для перегляду отримані результати.

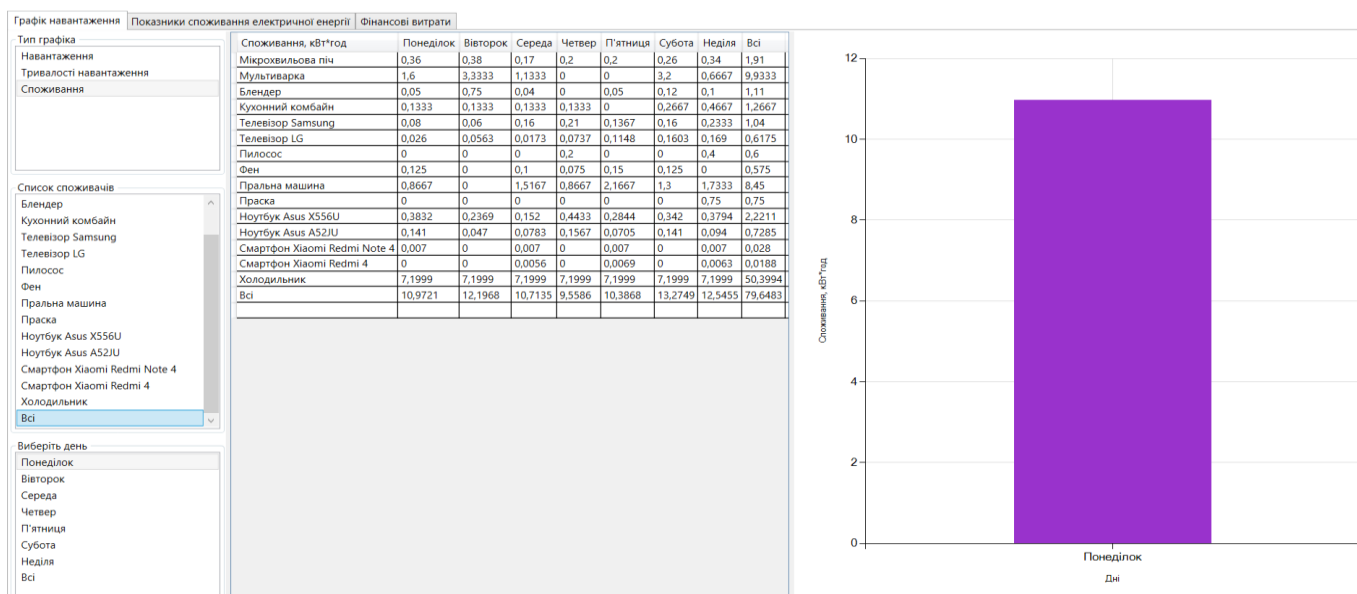


Рисунок 4.11 – Споживання електричної енергії

Програмна система визначає показники споживання електричної енергії: обсяги споживання окремо для кожного дня тижня ($W_{\text{спож.}}$); сумарні обсяги споживання за тиждень; пікове ($P_{\text{пik.}}$) та середнє ($P_{\text{сер.}}$) навантаження окремо для кожного дня тижня; тривалість використання максимального навантаження (T_{max}); ступінь нерівномірності ГЕН; коефіцієнт використання встановленої потужності ($k_{\text{вик.}}$). Розрахунки показників виконуються за формулами 2.1-2.5 розділу 2. На рисунку 4.12 зображено результати розрахунків показників споживання електричної енергії за допомогою розробленої програмної системи.

Графік навантаження	Показники споживання електричної енергії		Фінансові витрати			
Показник	Обсяги споживання ($W_{\text{спож.}}$), кВт*год	Пікове ($P_{\text{пik.}}$) навантаження, кВт	Середнє ($P_{\text{сер.}}$) навантаження, кВт	Тривалість використання максимального навантаження (T_{max}), год	Ступінь нерівномірності ГЕН	Коефіцієнт використання встановленої потужності
Понеділок	10,9721	4,025	0,4572	12,5664	0,1136	0,026
Вівторок	12,1968	2,338	0,5082	16,0664	0,2174	0,0221
Середа	10,7135	3,1475	0,4464	17,7164	0,1418	0,0151
Четвер	9,5586	3,251	0,3983	10,1333	0,1225	0,0205
П'ятниця	10,3868	3,251	0,4328	14,0831	0,1331	0,0179
Субота	13,2749	2,666	0,5531	11,2497	0,2075	0,0189
Неділя	12,5455	3,111	0,5227	9,9831	0,168	0,0225
Тиждень	79,6483	4,025	0,4735	12,5664	0,1176	0,0039

Рисунок 4.12 – Показники споживання електричної енергії

Визначення фінансових витрат за умов використання одно зонного, двозонного та тризонного тарифу на електричну енергію виконується наступним чином, користувач задає вартість споживання електроенергії для кожного зонного тарифу окремо, а програма визначає обсяги фінансових витрат по кожній із тарифних зон окремо. На рисунку 4.13 зображено фінансові розрахунки для тризонного тарифу.

Однозонний Двостонний Тризонний

За 1 кВт·год спожитої електроенергії, грн

0,9

Розрахунок

Назва	Споживання, кВт·год	Витрати, грн
За ніч	18,952	6,82
За піковий період	19,072	25,75
За напівпіковий період	41,625	37,46
Загальна сума	79,648	70,03

Рисунок 4.13 – Фінансові витрати

Аналогічним чином визначаються фінансові витрати для одно зонної та двозонної тарифної зони.

Програмна система виконує оптимізацію ГЕН для зменшення фінансових витрат за рахунок перенесення часу роботи обладнання в зону з меншим тарифним навантаженням. Користувач вибирає прилади графік використання яких можна оптимізувати. Після оптимізації ГЕН для двозонного та тризонного тарифу користувачеві доступна повна інформація по нових ГЕН на відповідних вкладках, включаючи графік навантаження, показники споживання електричної енергії та фінансові витрати.

4.2.4 Теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та ГВП

Зменшення витрат на опалення досягається шляхом зниження тепловтрат будівлею та за допомогою вибору ефективної системи опалення. Зниження тепловтрат можливо досягти за допомогою утеплення будівлі. Для визначення потреб

у тепловій енергії необхідно визначити рівень тепловтрат будівлі, а для цього необхідно визначити теплотехнічні характеристики будівлі.

Тепловтрати залежать від поверхневих площ будівлі(зовнішні стіни, дах, вікна, підлога тощо) та коефіцієнта теплопередачі стін, даху, вікон тощо. Тепловтрати також залежать від зовнішньої температури та температури, яка повинна підтримуватися всередині будівлі.

Інтерфейс користувача надає можливість редагувати теплотехнічні характеристики та зберігати зміни. На рисунку 4.14 зображено теплотехнічні характеристики будівлі, які задає користувач. Для того, щоб зберегти зміни після редагування необхідно натиснути кнопку «Зберегти». Програмна система зберігає теплотехнічні характеристики будівлі задані користувачем, щоб уникнути необхідності вводити дані при кожному запуску програми.

Аналіз метеорологічних даних регіону		Моделювання графіка електричного навантаження		Теплотехнічні характеристики будівлі, потреба у тепловій енергії на опалення, ГВП та вентилування																									
Характеристики будівлі		Потреби у енергії на приготування гарячої води та потужність системи ГВП		Розрахунки для загальної схеми опалення																									
<div>Список поверхів</div> <div>Поверх 1</div> <div>Поверх 2</div>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Положення стіни</th> <th>Площа стіни, м²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Зовнішня</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>Внутрішня з Хол</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>Внутрішня з Кімната 2</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Внутрішня з Кухня</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>		Положення стіни	Площа стіни, м ²	Зовнішня	4,5	Внутрішня з Хол	4,5	Внутрішня з Кімната 2	2,5	Внутрішня з Кухня	2,5	<div>Характеристики кімнати</div> <div>Температура кімнати при індивідуальній схемі опалення, °C</div> <div>18</div> <div>Площа підлоги, м²</div> <div>3,2</div> <div>Площа вікон, м²</div> <div>1,75</div> <div>Загальна площа кімнати, м²</div> <div>22,15</div>															
Положення стіни	Площа стіни, м ²																												
Зовнішня	4,5																												
Внутрішня з Хол	4,5																												
Внутрішня з Кімната 2	2,5																												
Внутрішня з Кухня	2,5																												
<div>Список кімнат</div> <div>Тамбур</div> <div>Хол</div> <div>Кухня</div> <div>Гостьова</div> <div>Кімната 1</div> <div>Ванна</div> <div>Кімната 2</div>		<div>Загальні характеристики будівлі</div> <div>Температура будівлі при загальній схемі опалення, °C</div> <div>20</div>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Назва</th> <th>Термічний опір, (м²·K)/Вт</th> <th>Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Зовнішні стіни</td> <td>7,41</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Внутрішні стіни</td> <td>0,37</td> <td>2,74</td> </tr> <tr> <td>Перекриття між поверхами</td> <td>2,83</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>Горищене перекриття</td> <td>3,66</td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>Підлога</td> <td>1,06</td> <td>0,94</td> </tr> <tr> <td>Дах</td> <td>1,45</td> <td>0,69</td> </tr> <tr> <td>Вікна</td> <td>0,24</td> <td>4,24</td> </tr> </tbody> </table>		Назва	Термічний опір, (м ² ·K)/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·K)	Зовнішні стіни	7,41	0,13	Внутрішні стіни	0,37	2,74	Перекриття між поверхами	2,83	0,35	Горищене перекриття	3,66	0,27	Підлога	1,06	0,94	Дах	1,45	0,69	Вікна	0,24	4,24
Назва	Термічний опір, (м ² ·K)/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·K)																											
Зовнішні стіни	7,41	0,13																											
Внутрішні стіни	0,37	2,74																											
Перекриття між поверхами	2,83	0,35																											
Горищене перекриття	3,66	0,27																											
Підлога	1,06	0,94																											
Дах	1,45	0,69																											
Вікна	0,24	4,24																											
				<div>Зберегти</div>																									

Рисунок 4.14 – Теплотехнічні характеристики будівлі

На рисунку 4.15 зображено знайдені тепловтрати будівлі для розрахункової температури, яку задає користувач. Розрахунок тепловтрат будівлі для розрахункової температури виконується за формулою 2.6 розділу 2.

Характеристики будівлі		Потреби у енергії на приготування гарячої води та потужність системи ГВП		Розра												
Виберіть період Початкова дата <input type="text" value="01.01.2012 00:00"/> Кінцева дата <input type="text" value="31.01.2012 23:30"/>		Тепловтрати при розрахунковій температурі Розрахункова температура, °C <input type="text" value="-22"/> <input type="button" value="Застосувати"/>														
		Характеристика тепловтрат будівлі														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Огороджуюча конструкція</th> <th>Тепловтрати при розрахунковій температурі, кВт-год</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Зовнішні стіни</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Вікна</td> <td>2,74</td> </tr> <tr> <td>Підлога</td> <td>2,42</td> </tr> <tr> <td>Дах</td> <td>2,67</td> </tr> <tr> <td>Qсум</td> <td>8,73</td> </tr> </tbody> </table>			Огороджуюча конструкція	Тепловтрати при розрахунковій температурі, кВт-год	Зовнішні стіни	0,9	Вікна	2,74	Підлога	2,42	Дах	2,67	Qсум	8,73
Огороджуюча конструкція	Тепловтрати при розрахунковій температурі, кВт-год															
Зовнішні стіни	0,9															
Вікна	2,74															
Підлога	2,42															
Дах	2,67															
Qсум	8,73															

Рисунок 4.15 – Тепловтрати будівлі для розрахункової температури

На рисунку 4.16 зображена залежність тепловтрат будівлі від температурних умов для всього діапазону температур, які спостерігалися протягом визначеного періоду часу.

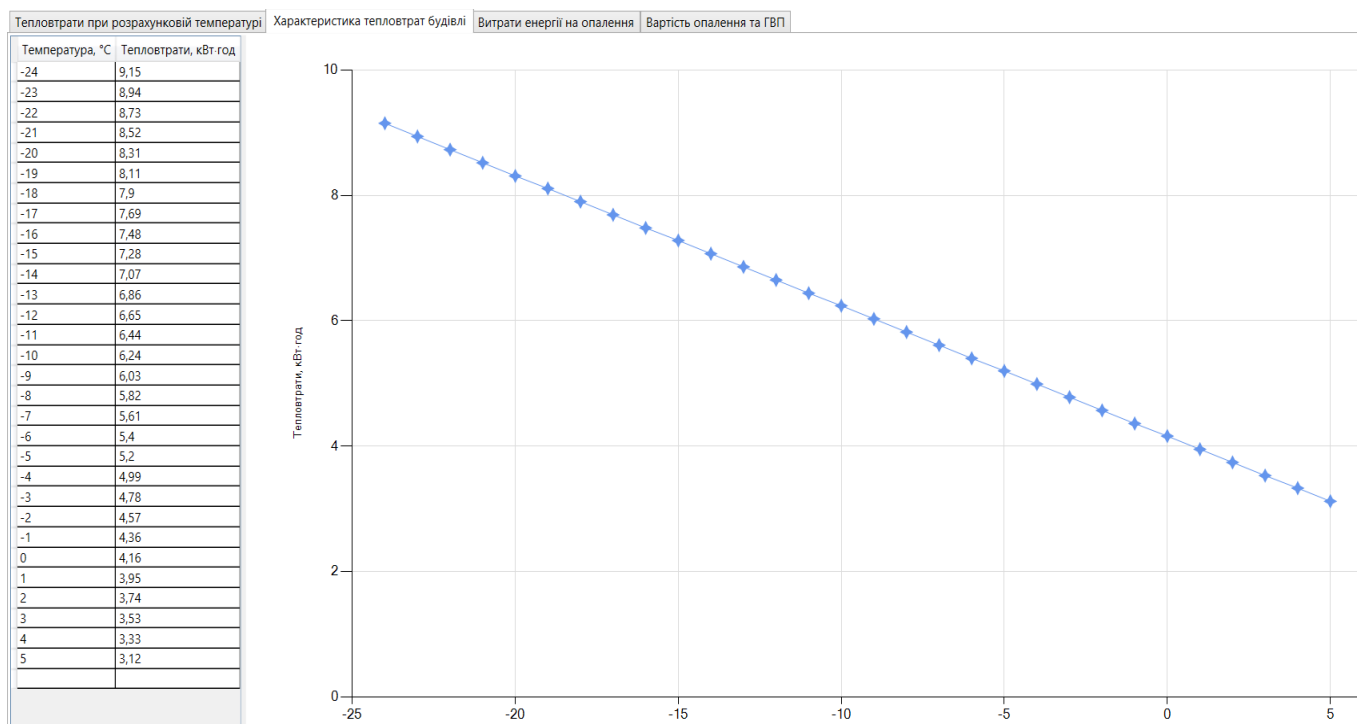


Рисунок 4.16 – Залежність тепловтрат будівлі від температурних умов

Розрахунок витрат енергії на опалення за визначений період часу виконується, використовуючи дані про тривалість температурних режимів та залежність тепловтрат будівлі від температурних умов, за формулою 2.7 розділу 2.

На рисунку 4.17 зображено таблицю і графік витрат енергії на опалення за визначений період.

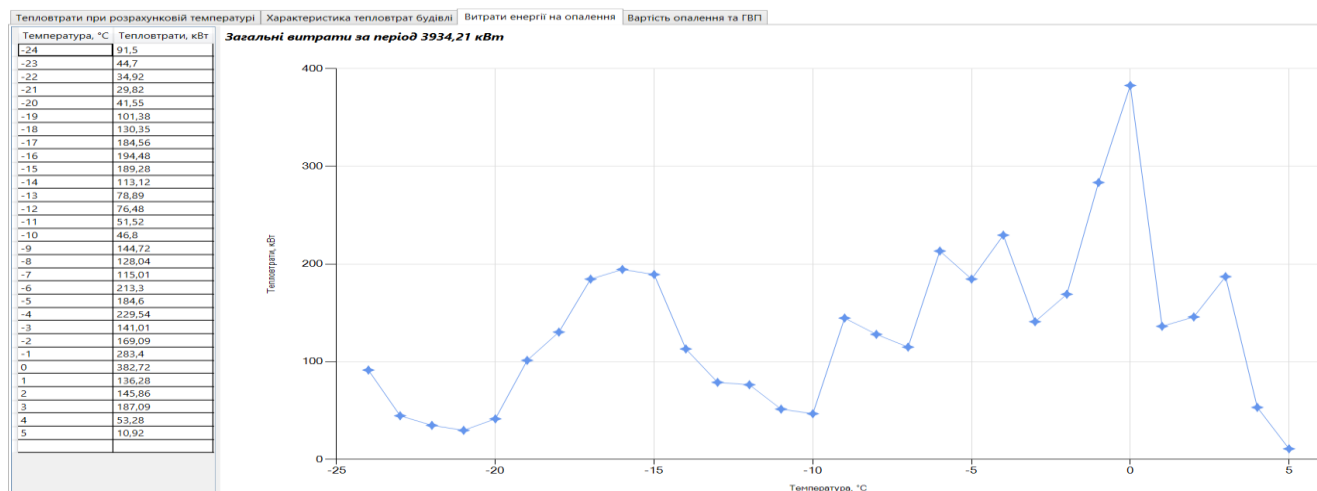


Рисунок 4.17 – Витрати енергії на опалення за визначений період

Програмна система виконує розрахунок потреб у енергії на приготування гарячої води та потужність системи гарячого водопостачання (ГВП). На рисунку 4.18 зображено результати розрахунків програмою потреб ГВП.

Характеристики будівлі	Потреби у енергії на приготування гарячої води та потужність системи ГВП	Розрахунки для загальної схеми опалення
Вхідні параметри		
Кількість користувачів душу	<input type="text" value="3"/>	
Кількість користувачів ванни	<input type="text" value="1"/>	
Добова норма споживання води для душу, л	<input type="text" value="25"/>	
Добова норма споживання води для ванни, л	<input type="text" value="100"/>	
Температура води для душу, °C	<input type="text" value="40"/>	
Температура води для ванни, °C	<input type="text" value="45"/>	
Температура вхідної води, °C	<input type="text" value="5"/>	
Температура води на виході з бака, °C	<input type="text" value="60"/>	
Час для нагрівання бака, год	<input type="text" value="5"/>	
<input type="button" value="Обчислити"/>		
Результати розрахунків		
Обсяги споживання води на прийомі душу, л/добу	<input type="text" value="75"/>	
Обсяги споживання води на прийомі ванни, л/добу	<input type="text" value="100"/>	
Відкореговані обсяги споживання води на прийомі душу, л/добу	<input type="text" value="47,73"/>	
Відкореговані обсяги споживання води на прийомі ванни, л/добу	<input type="text" value="72,73"/>	
Загальні обсяги споживання води, м³/добу	<input type="text" value="0,12"/>	
Енергія необхідна для нагріву води, кВт·год	<input type="text" value="7,68"/>	
Необхідна теплова потужність нагрівача, кВт	<input type="text" value="1,54"/>	

Рисунок 4.18 – Витрати енергії на ГВП

Користувач системи задає наступні вхідні параметри системи гарячого водопостачання: кількість користувачів душу, кількість користувачів ванни, добова

норма споживання води для душу, добова норма споживання води для ванни, температура води для душу, температура води для ванни, температура вхідної води, температура води на виході з бака та час для нагрівання бака.

Програмна система визначає наступні показники: обсяги споживання води на прийоми душу, обсяги споживання води на прийоми ванн, корегування витрати гарячої води для визначеної температури на виході з бака ГВП для душу, корегування витрати гарячої води для ванни, загальні витрати гарячої води, енергія необхідна для нагріву води та необхідна теплова потужність нагрівача. Показники визначаються за формулами 2.8-2.14 розділу 2.

Програмна система виконує розрахунок вартості опалення та ГВП для різних способів опалення, які зображено на рисунку 4.19, характеристики яких може задавати користувач за допомогою інтерфейсу програми.

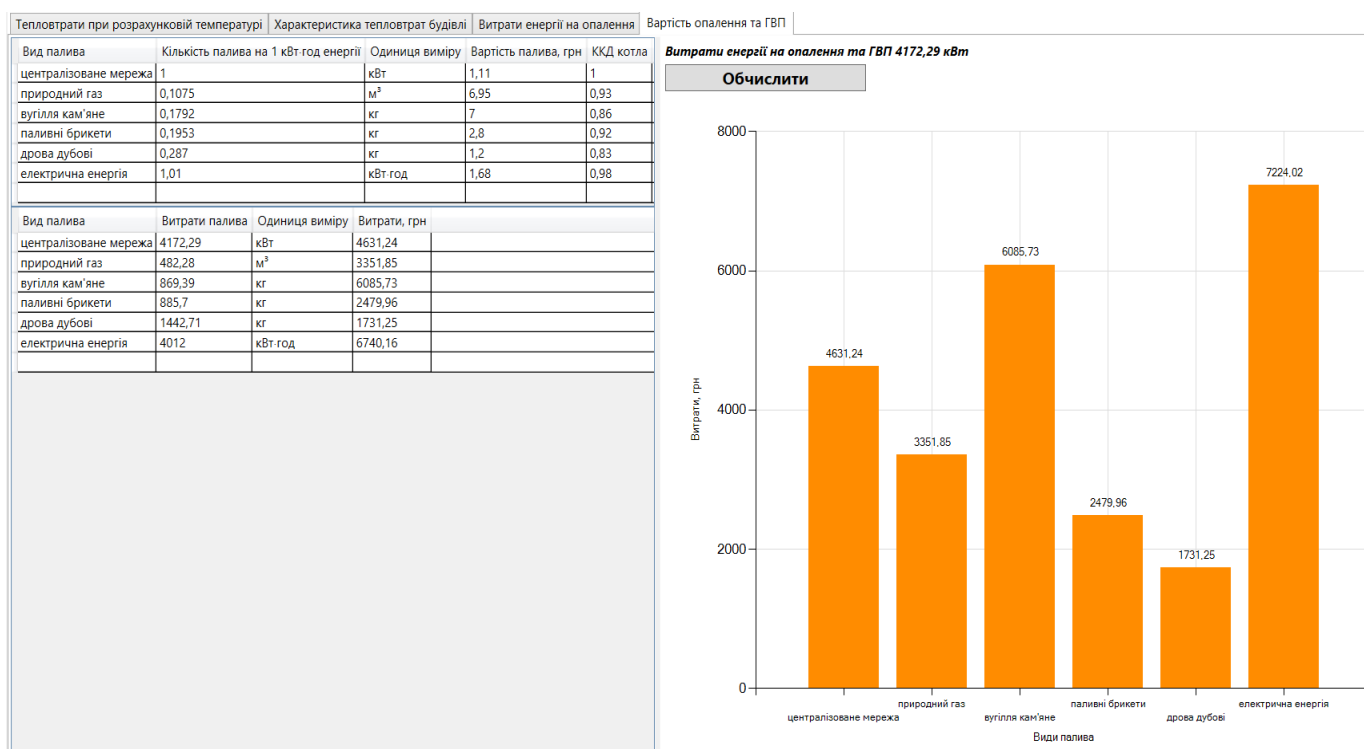


Рисунок 4.19 – Вартість опалення та ГВП

Програмна система виконує аналогічні розрахунки для індивідуальної схеми опалення. Відмінність між індивідуальною та загальною схемою опалення полягає в тому, що для індивідуальної схеми опалення розрахунки тепловтрат визначаються для кожної кімнати окремо.

4.2.5 Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки для потреб енергозабезпечення об'єкта

Для визначення ефективності впровадження ВЕУ для потреб енергозабезпечення об'єкта необхідно задати енергетичну характеристику ВЕУ. На рисунку 4.20 зображено інтерфейс розробленої програми для задання енергетичної характеристики ВЕУ.

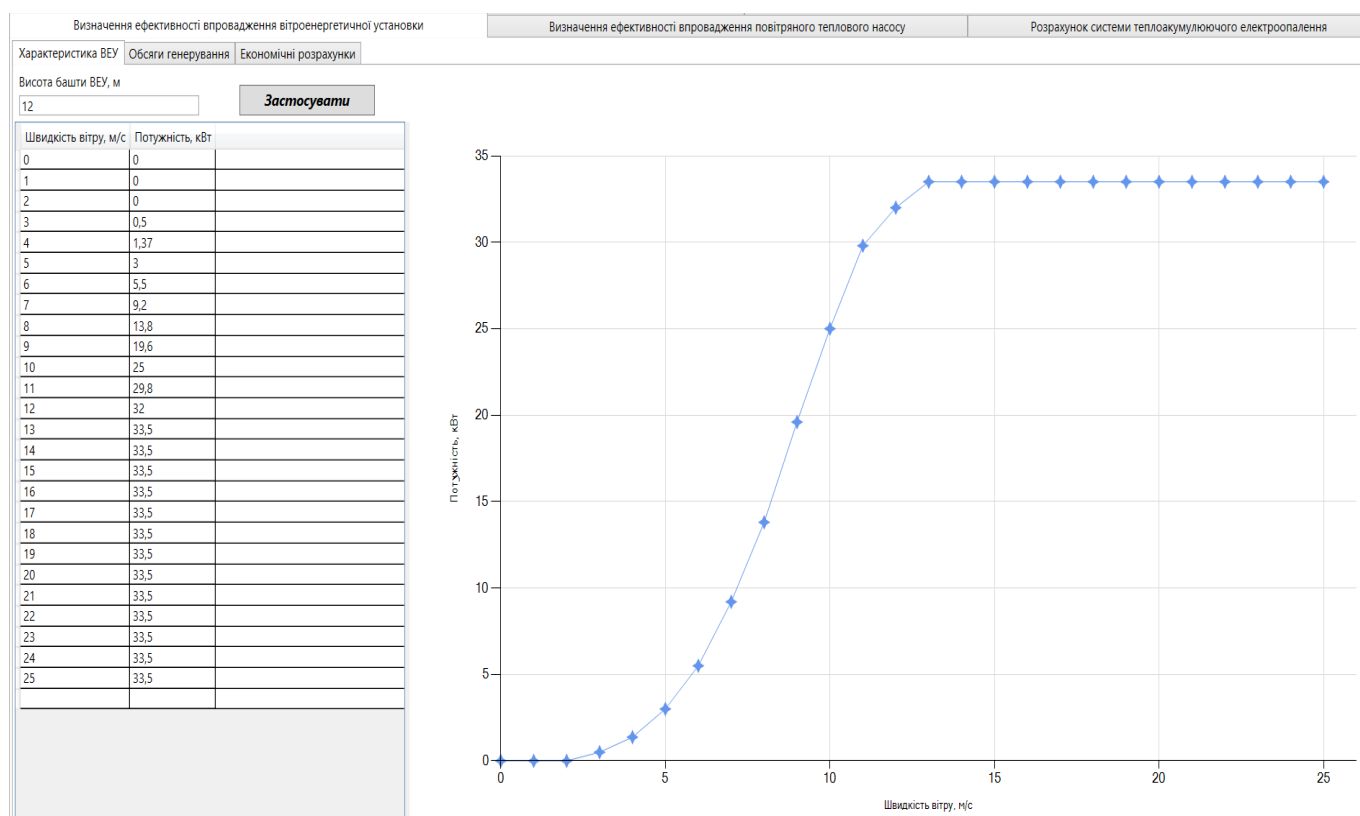


Рисунок 4.20 – Енергетична характеристика ВЕУ

Енергетична характеристика ВЕУ задається користувачем у вигляді таблиці і демонструється за допомогою графіка залежності між швидкістю вітра та потужністю генерації електроенергії. Після модифікації даних необхідно натиснути кнопку «Застосувати» для збереження енергетичної характеристики ВЕУ та виконання розрахунків ефективності впровадження ВЕУ із вказаними характеристиками.

На обсяги генерування електроенергії впливає не тільки швидкість вітру та енергетична характеристика ВЕУ, але й висота башти ВЕУ, яку задає користувач через інтерфейс програми.

Розрахунок обсягів генерування за визначений проміжок часу (з врахуванням висоти башти ВЕУ) зображено на рисунку 4.21, де користувачу доступні дані для перегляду у вигляді таблиці та графіка залежності генерації електроенергії від швидкості вітру.

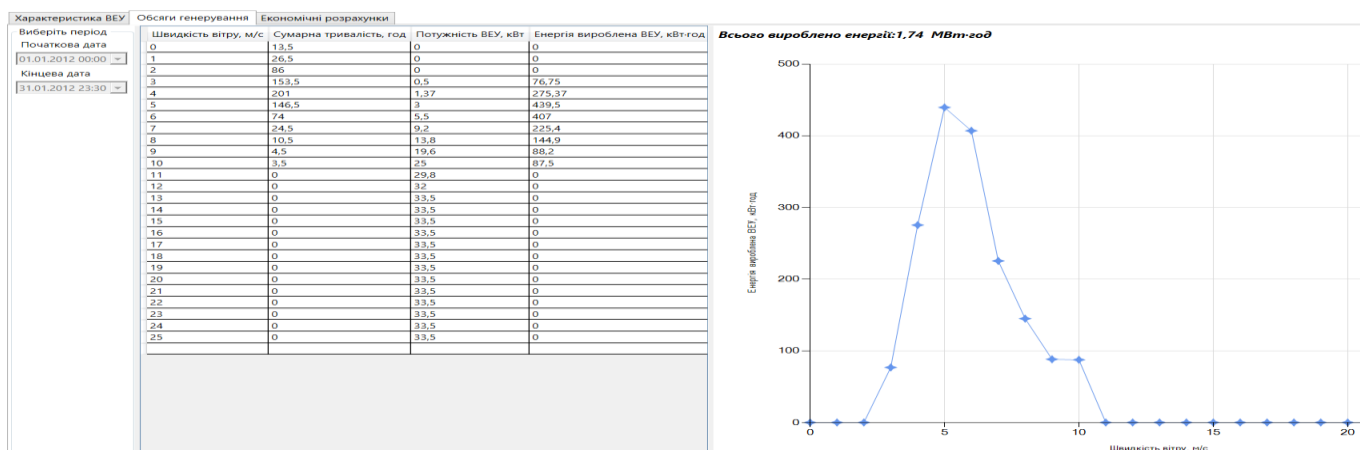


Рисунок 4.21 – Обсяги генерування ВЕУ

Програмна система визначає обсяги генерування електроенергії для кожного режиму швидкості вітру окрема, а також загальний обсяг генерування за визначений період часу.

На рисунку 4.22 представлені економічні розрахунки для впровадженої ВЕУ. Параметри та формули 2.16-2.18 були розглянуті в розділі 2.

Характеристика ВЕУ	Обсяги генерування	Економічні розрахунки
Параметри		
"Зелений тариф" за 1кВт·год, €		
<input type="text" value="0,108"/>		
Дохід від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ), €		
<input type="text" value="10"/>		
Застосувати		
Розрахунки		
Оцінку обсягів скорочень викидів парникових газів у тонах CO2 еквіваленту		
<input type="text" value="1,85"/>		
Дохід від продажу електричної енергії за «зеленим» тарифом, €		
<input type="text" value="188,42"/>		
Дохід від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ), €		
<input type="text" value="18,5"/>		

Рисунок 4.22 – Економічні розрахунки

Дохід від продажу одиниць скорочення викидів(ОСВ) та «зелений тариф» визначає користувач системи.

Програмна система використовується для визначення ефективності впровадження ВЕУ для потреб енергозабезпечення об'єкта. Використовуючи енергетичну характеристику ВЕУ та дані про вітрову активність програмна система визначає обсяги генерування електроенергії за визначений період часу, а також дозволяє оцінити економічну вигоду від впровадження ВЕУ та зменшення обсягів викидів CO₂ в атмосферу.

4.2.6 Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насоса для потреб системи опалення об'єкта

Використання теплових насосів для опалення є значно ефективнішим за використання котлів, тому що теплові насоси отримують теплову енергію з оточуючого середовища, витрачаючи при цьому менше електричної енергії.

Енергетичні характеристики теплового насоса (коефіцієнти корекції по електроспоживанню та теплопродуктивності) задає користувач системи. Користувачу також необхідно задати характеристики теплового насоса такі як номінальна теплопродуктивність, потужність споживання електроенергії, кількість теплових насосів, потужність циркуляційного насоса, кількість циркуляційних насосів, потужність фанкойлу, кількість фанкойлів.

Інтерфейс користувача надає можливість модифікації вхідних параметрів та їх збереження для подальшої роботи. Для того, щоб виконати розрахунки з новими значеннями вхідних параметрів необхідно натиснути кнопку «Зберегти та застосувати», яка знаходиться на вкладці «Визначення ефективності впровадження теплового насоса». На рисунку 4.23 зображено інтерфейс програми для задання енергетичних характеристик повітряного теплового насоса та характеристик системи теплозабезпечення будівлі за допомогою використання теплових насосів, циркуляційних насосів та фанкойлів.

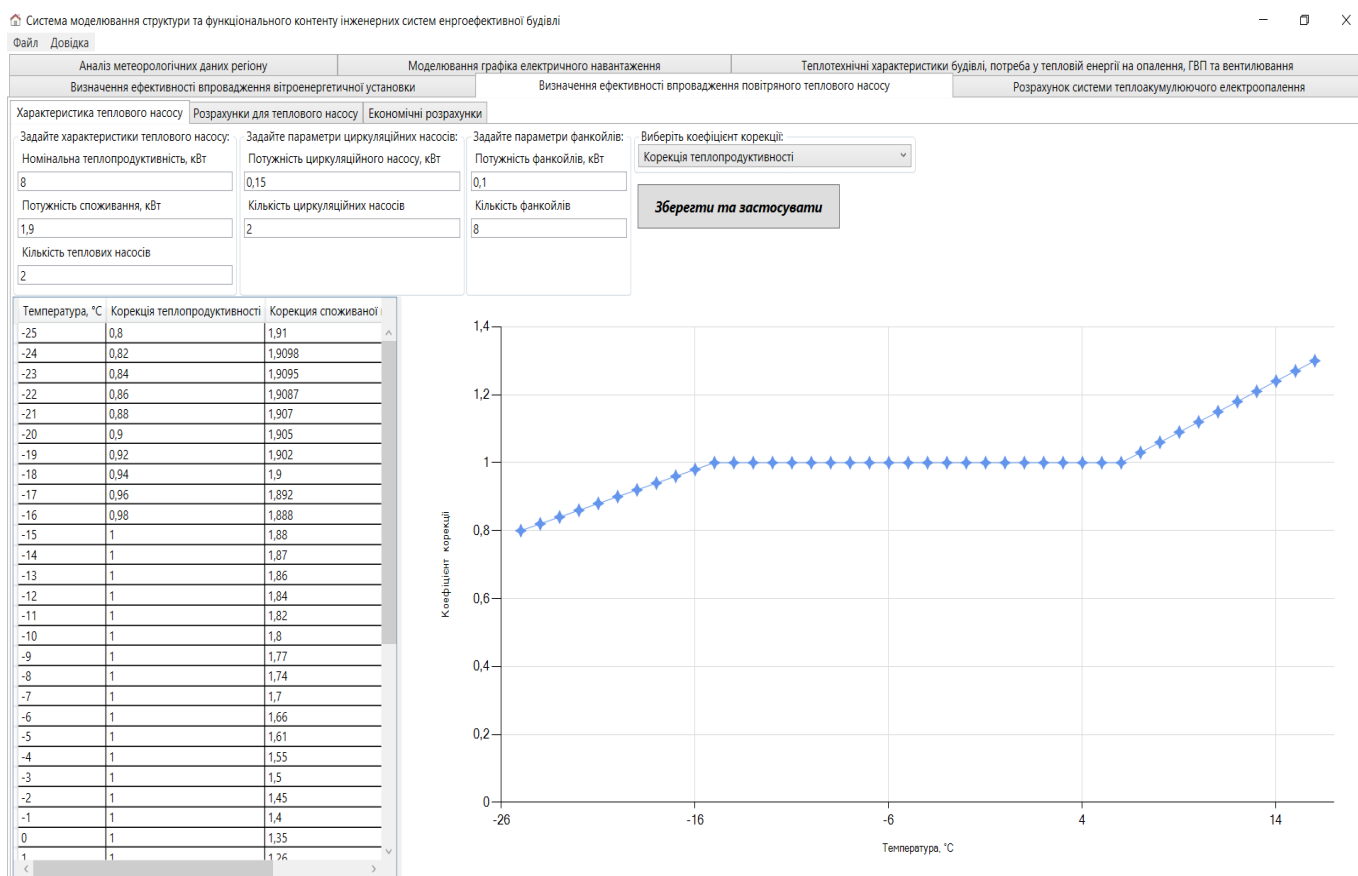


Рисунок 4.23 – Енергетичні характеристики теплового насосу

Програмна система виконує розрахунки наступних параметрів: показники електроспоживання теплового насосу для кожного температурного режиму, показники теплопродуктивності теплового насосу для кожного температурного режиму, розрахунок необхідності пікового догрівача, коефіцієнт завантаження теплових насосів для кожного температурного режиму, потужність споживання системи розподілу енергії (циркуляційні насоси, внутрішні блоки, фанкойли), загальна фактична потужність, що споживається всією системою генерування тепла з врахуванням додаткового догрівача для кожного температурного режиму, загальний обсяг тепло генерування, електроспоживання і середньозважений COP системи опалення за розрахунковий період. Розрахунки виконуються за формулами 2.19-2.26 розглянутими в розділі 2.

На рисунку 4.24 зображено результати розрахунків у вигляді таблиці, виконаних за допомогою розробленої програмної системи. На правій панелі виведено загальні результати основних показників системи за визначений період часу.

Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки							Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу							Розрахунок системи теплоізоляційного електроопалення						
Характеристика теплового насосу				Розрахунки для теплового насосу				Економічні розрахунки												
T, °C	Преп, кВт	t, год	Qтеп, кВт·год	Ктеп	Qроб.тн, кВт	Кес	Рспож.тн, кВт	Нблків, шт	Рдод.нагр, кВт	Кзавантаж.	Рцирк.нагр, кВт	Вспож.тн, кВт·год	Вспож.сис, кВт·год	Qтн, кВт·год	Qдогр, кВт·год	Qсис, кВт·год	Загальні витрати за визначений період:			
-24	9,15	10	91,5	0,82	6,56	1,9098	3,63	2	0	0,7	1,1	50,82	61,82	91,84	0	102,84		Qтеп = 3934,21 кВт·год		
-23	8,94	5	44,7	0,84	6,72	1,9095	3,63	2	0	0,67	1,1	24,32	29,82	45,02	0	50,52	Вспож.тн = 1536,87 кВт·год			
-22	8,73	4	34,92	0,86	6,88	1,9087	3,63	2	0	0,63	1,1	18,3	22,7	34,68	0	39,08		Вспож.сис = 2355,28 кВт·год		
-21	8,52	3,5	29,82	0,88	7,04	1,907	3,62	2	0	0,61	1,1	15,46	19,31	30,06	0	33,91	Qтн = 3936,53 кВт·год			
-20	8,31	5	41,55	0,9	7,2	1,905	3,62	2	0	0,58	1,1	21	26,5	41,76	0	47,26	Qдогр = 0 кВт·год			
-19	8,11	12,5	101,38	0,92	7,36	1,902	3,61	2	0	0,55	1,1	49,64	63,39	101,2	0	114,95		Qсис = 4754,93 кВт·год		
-18	7,9	16,5	130,35	0,94	7,52	1,9	3,61	2	0	0,53	1,1	63,14	81,29	131,52	0	149,67	COPтн = 2,56			
-17	7,69	24	184,56	0,96	7,68	1,892	3,59	2	0	0,5	1,1	86,16	112,56	184,32	0	210,72		COPсис = 2,02		
-16	7,48	26	194,48	0,98	7,84	1,888	3,59	1	0	0,95	1,1	88,67	117,27	193,65	0	222,25	Витрати = 3956,87 грн.			
-15	7,28	26	189,28	1	8	1,88	3,57	1	0	0,91	1,1	84,47	113,07	189,28	0	217,88				
-14	7,07	16	113,12	1	8	1,87	3,55	1	0	0,88	1,1	49,98	67,58	112,64	0	130,24				
-13	6,86	11,5	78,89	1	8	1,86	3,53	1	0	0,86	1,1	34,91	47,56	79,12	0	91,77				
-12	6,65	11,5	76,48	1	8	1,84	3,5	1	0	0,83	1,1	33,41	46,06	76,36	0	89,01				
-11	6,44	8	51,52	1	8	1,82	3,46	1	0	0,8	1,1	22,14	30,94	51,2	0	60				
-10	6,24	7,5	46,8	1	8	1,8	3,42	1	0	0,78	1,1	20,01	28,26	46,8	0	55,05				
-9	6,03	24	144,72	1	8	1,77	3,36	1	0	0,75	1,1	60,48	86,88	144	0	170,4				
-8	5,82	22	128,04	1	8	1,74	3,31	1	0	0,73	1,1	53,16	77,36	128,48	0	152,68				
-7	5,61	20,5	115,01	1	8	1,7	3,23	1	0	0,7	1,1	46,35	68,9	114,8	0	137,35				
-6	5,4	39,5	213,3	1	8	1,66	3,15	1	0	0,68	1,1	84,61	128,06	214,88	0	258,33				
-5	5,2	35,5	184,6	1	8	1,61	3,06	1	0	0,65	1,1	70,61	109,66	184,6	0	223,65				
-4	4,99	46	229,54	1	8	1,55	2,94	1	0	0,62	1,1	83,85	134,45	228,16	0	278,76				
-3	4,78	29,5	141,01	1	8	1,5	2,85	1	0	0,6	1,1	50,44	82,9	141,6	0	174,05				
-2	4,57	37	169,09	1	8	1,45	2,76	1	0	0,57	1,1	58,21	98,91	168,72	0	209,42				
-1	4,36	65	283,4	1	8	1,4	2,66	1	0	0,55	1,1	95,1	166,6	286	0	357,5				
0	4,16	92	382,72	1	8	1,35	2,56	1	0	0,52	1,1	122,47	223,67	382,72	0	483,92				
1	3,95	34,5	136,28	1	8	1,26	2,39	1	0	0,49	1,1	40,4	78,35	135,24	0	173,19				
2	3,74	39	145,86	1	8	1,2	2,28	1	0	0,47	1,1	41,79	84,69	146,64	0	189,54				
3	3,53	53	187,09	1	8	1,14	2,17	1	0	0,44	1,1	50,6	108,9	186,56	0	244,86				
4	3,33	16	53,28	1	8	1,08	2,05	1	0	0,42	1,1	13,78	31,38	53,76	0	71,36				
5	3,12	3,5	10,92	1	8	1	1,9	1	0	0,39	1,1	2,59	6,44	10,92	0	14,77				

Рисунок 4.24 – Розрахунки для теплового насосу

Розрахована вартість теплозабезпечення при застосуванні теплових насосів порівнюється з іншими способами опалення зображеними на рисунку 4.25, які вже розглядалися в даному розділі.

Вид палива	Витрати палива	Одиниця виміру	Витрати, грн
централізоване мережа	4172,29	кВт	4631,24
природний газ	482,28	м³	3351,85
вугілля кам'яне	869,39	кг	6085,73
паливні брикети	885,7	кг	2479,96
дрова дубові	1442,71	кг	1731,25
електрична енергія	4012	кВт·год	6740,16
тепловий насос	4754,93	кВт·год	3956,87

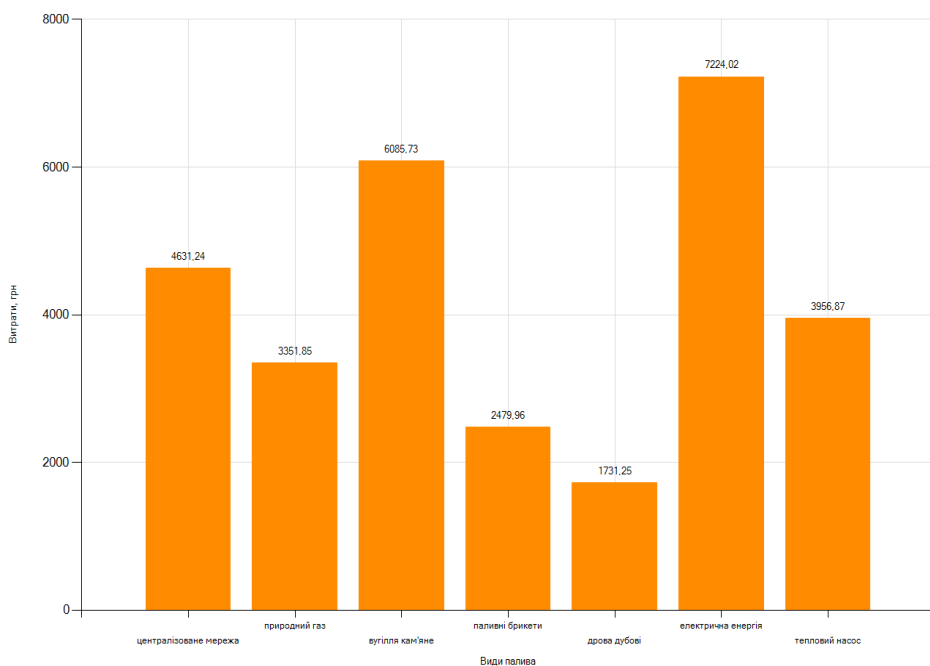


Рисунок 4.25 – Порівняння вартості різних способів опалення

Розроблена програмна система використовується для визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу для потреб системи опалення будівлі. Отримані розрахунки демонструють, що система опалення, яка використовує теплові насоси ефективніша за централізовану систему опалення та електричну систему опалення, і не потребує палива на відміну від систем опалення з котлами, що робить її однією з найефективніших систем опалення. Розроблена система дозволяє визначитися з необхідним обладнанням для системи опалення будівлі.

4.2.7 Визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення

Система теплоакumuлюючого електроопалення дозволяє накопичувати теплову енергію, заряджаючись у зоні нічного тарифу на електроенергію (зоні з меншим тарифом) і віддаючи теплову енергію у зоні з більшим тарифом (у зоні денного тарифу), таким чином досягається значна економія витрат коштів на електроенергію для опалення будівлі.

Розроблена програмна система використовує дані по температурним умовам регіону та тепловтратам будівлі для моделювання процесу роботи системи теплоакumuлюючого електроопалення.

Для визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення користувач повинен задати початок та кінець зони денного тарифу (межі зони нічного тарифу визначаються автоматично), тариф за 1кВт електроенергії для денної та нічної зони тарифу, максимальний обсяг теплової енергії в тепло накопичувачі, а також потужність тепло накопичувача.

Якщо в тепло накопичувачі не вистачило енергії для опалення в зоні денного тарифу, то система опалення змушена буде споживати електроенергію за денним тарифом.

На рисунку 4.26 зображено результати моделювання процесу роботи системи теплоакumuлюючого електроопалення за визначений період часу.

Smart House

Аналіз метеорологічних даних регіону Моделювання графіка електричного навантаження Теплотехнічні характеристики будівлі, потреба у тепловій енергії на опалення, ГВП та вентильовання

Визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки Визначення ефективності впровадження повітряного теплового насосу Розрахунок системи теплоакumuлюючого електроопалення

Розрахунки Економічні розрахунки

Зона денного тарифу

Початок зони

07:00

Кінець зони

23:00

Тариф за 1 кВт

Для зони денного тарифу, грн

1.68

Для зони нічного тарифу, грн

0.9

Характеристика накопичувача тепла

Максимальний обсяг енергії, кВт-год

200

Потужність накопичувача, кВт

26

Застосувати

Таблиця Графік

Дата	Початок	Кінець	T, °C	Pтеп, кВт	Qтеп, кВт-год	Обсяги енергії у накопичувачі на початку, кВт-год	Обсяги енергії у накопичувачі в кінці, кВт-год	Доступна потужність, кВт	Реально спожита енергія, кВт-год
01.01.2012	00:00	00:30	0	4.16	2.08	0	10.92	26	13
01.01.2012	00:30	01:00	0	4.16	2.08	10.92	21.84	26	13
01.01.2012	01:00	01:30	0	4.16	2.08	21.84	32.76	26	13
01.01.2012	01:30	02:00	0	4.16	2.08	32.76	43.68	26	13
01.01.2012	02:00	02:30	0	4.16	2.08	43.68	54.6	26	13
01.01.2012	02:30	03:00	0	4.16	2.08	54.6	65.52	26	13
01.01.2012	03:00	03:30	0	4.16	2.08	65.52	76.44	26	13
01.01.2012	03:30	04:00	0	4.16	2.08	76.44	87.36	26	13
01.01.2012	04:00	04:30	-1	4.36	2.18	87.36	98.18	26	13
01.01.2012	04:30	05:00	-2	4.57	2.285	98.18	108.9	26	13
01.01.2012	05:00	05:30	0	4.16	2.08	108.9	119.82	26	13
01.01.2012	05:30	06:00	-1	4.36	2.18	119.82	130.64	26	13
01.01.2012	06:00	06:30	-1	4.36	2.18	130.64	141.46	26	13
01.01.2012	06:30	07:00	-1	4.36	2.18	141.46	152.28	26	13
01.01.2012	07:00	07:30	-1	4.36	2.18	152.28	150.1	0	0
01.01.2012	07:30	08:00	0	4.16	2.08	150.1	148.02	0	0
01.01.2012	08:00	08:30	0	4.16	2.08	148.02	145.94	0	0
01.01.2012	08:30	09:00	0	4.16	2.08	145.94	143.86	0	0
01.01.2012	09:00	09:30	0	4.16	2.08	143.86	141.78	0	0
01.01.2012	09:30	10:00	1	3.95	1.975	141.78	139.8	0	0
01.01.2012	10:00	10:30	0	4.16	2.08	139.8	137.72	0	0
01.01.2012	10:30	11:00	1	3.95	1.975	137.72	135.74	0	0
01.01.2012	11:00	11:30	2	3.74	1.87	135.74	133.87	0	0
01.01.2012	11:30	12:00	2	3.74	1.87	133.87	132	0	0
01.01.2012	12:00	12:30	1	3.95	1.975	132	130.02	0	0
01.01.2012	12:30	13:00	1	3.95	1.975	130.02	128.05	0	0
01.01.2012	13:00	13:30	1	3.95	1.975	128.05	126.08	0	0
01.01.2012	13:30	14:00	1	3.95	1.975	126.08	124.1	0	0
01.01.2012	14:00	14:30	1	3.95	1.975	124.1	122.12	0	0
01.01.2012	14:30	15:00	0	4.16	2.08	122.12	120.04	0	0
01.01.2012	15:00	15:30	-1	4.36	2.18	120.04	117.86	0	0
01.01.2012	15:30	16:00	-2	4.57	2.285	117.86	115.58	0	0
01.01.2012	16:00	16:30	-2	4.57	2.285	115.58	113.3	0	0
01.01.2012	16:30	17:00	-3	4.78	2.39	113.3	110.91	0	0
01.01.2012	17:00	17:30	-1	4.36	2.18	110.91	108.73	0	0

Рисунок 4.26 – Розрахунок системи теплоакumuлюючого електроопалення

Розрахунки обсягів накопиченої енергії в тепло накопичувачі за визначений час доступні і у вигляді графіка зображеного на рисунку 4.27.

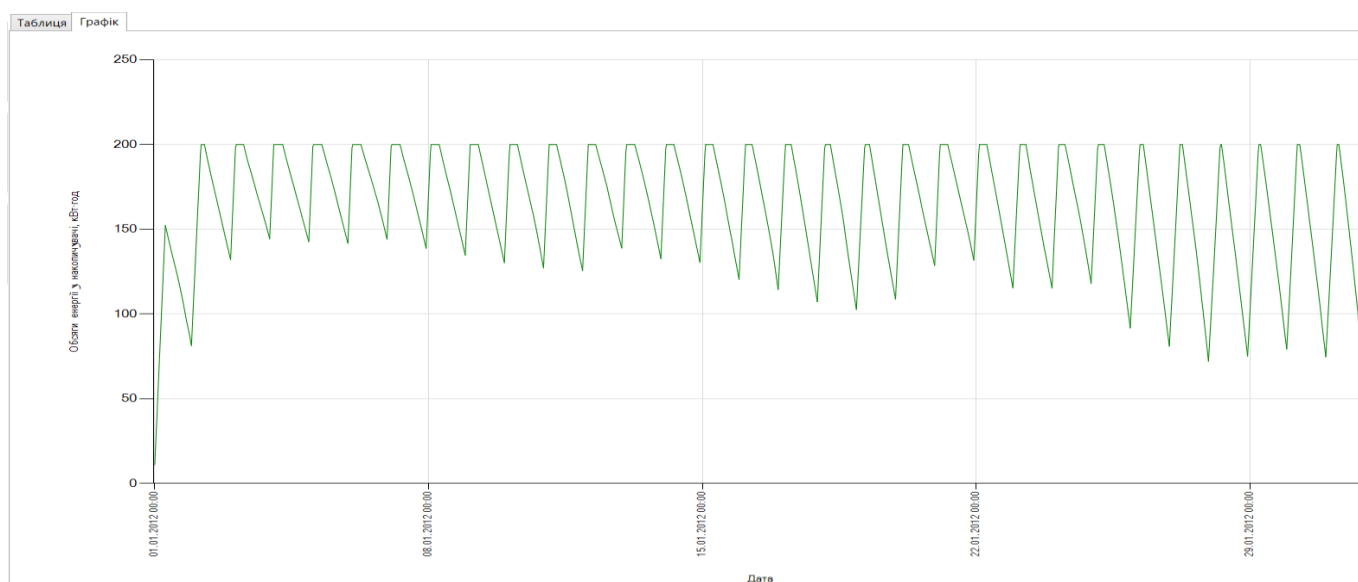


Рисунок 4.27 – Графік накопичення енергії у накопичувачі

Розроблена система виконує фінансові розрахунки. Визначаються обсяги споживання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальний обсяг споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Визначаються

фінансові витрати за використання електроенергії в зоні денного та нічного тарифу, а також загальні витрати за споживання електроенергії для опалення за визначений період часу. Система визначає найгірший день, коли в накопичувачі не вистачило енергії на найбільшу тривалість часу, та скільки енергії і на яку тривалість не вистачило для системи опалення.

Для визначення ефективності системи теплоакumuлюючого електроопалення виконується її порівняння з іншими способами опалення, які зображені на рисунку 4.28, які вже розглядалися в даному розділі.

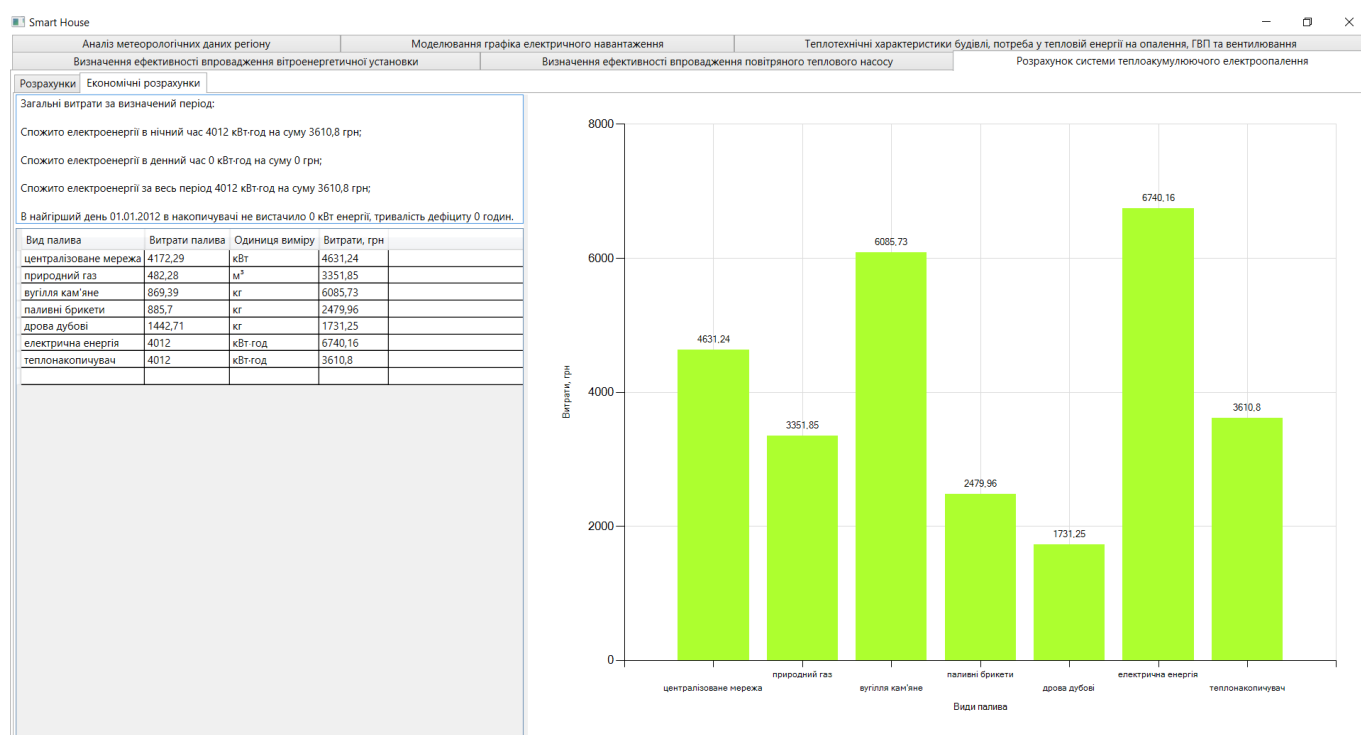


Рисунок 4.28 – Економічні розрахунки

В результаті отриманих за допомогою розробленої програми розрахунків можна сказати, що системи теплоакumuлюючого електроопалення потребує вдвічі менше коштів в порівнянні з електричною системою обігріву і не потребує палива на відміну від котлів, які використовують газ, вугілля, дрова тощо. Розроблена програмна система використовується для визначення ефективності впровадження системи теплоакumuлюючого електроопалення для потреб системи опалення будівлі. Розроблена система дозволяє визначитися з необхідним обладнанням для системи опалення будівлі.

4.2.8 Особливості роботи з даними

Розроблена програма надає користувачу широкі можливості для роботи з вхідними даними через інтерфейс користувача системи. Користувач може вводити, редагувати та зберігати дані такі, як: графік використання електроприладів, теплотехнічні характеристики будівлі, енергетичні характеристики ВЕУ, повітряного теплового насосу тощо. Можливість редагування метеорологічних даних через інтерфейс програми не передбачено, але програмна система надає можливість вибрати вхідні файли, які містять метеорологічні дані регіону, для цього необхідно вибрати пункт «Вибрати дані» з головного меню «Файл» як показано на рисунку 4.29.

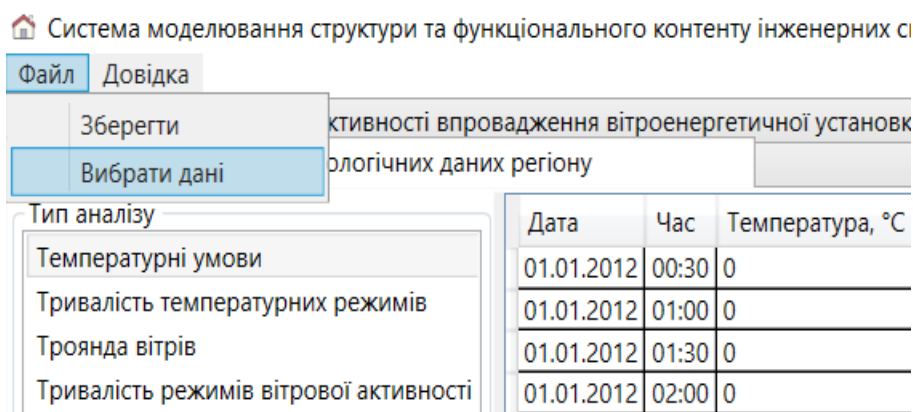


Рисунок 4.29 – Головне меню

Далі необхідно вибрати каталог, який містить файли метеорологічних даних, як показано на рисунку 4.30.

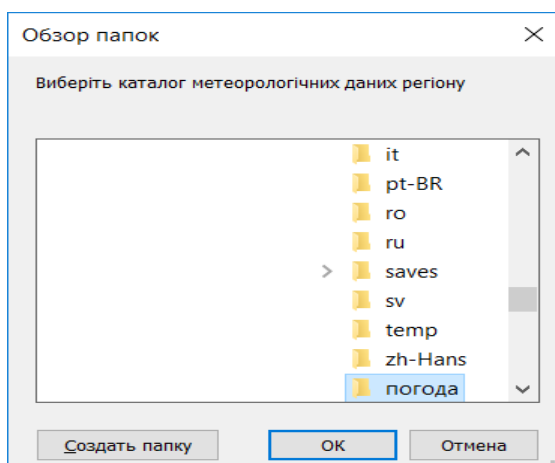


Рисунок 4.30 – Вибір каталогу

Каталог повинен містити файли метеорологічних даних, які повинні задовольняти наступним вимогам:

- Це повинні бути файли Excel з розширенням *.xlsx;
- Всього має бути 13 файлів (12 файлів з погодними умовами, по одному файлу для кожного місяця та ще один файл з даними по сонячній активності за цілий рік);
- Назви файлів з погодними умовами повинні бути подані у наступному форматі «rrrr-мм», де «р» – рік, а «м» – місяць (наприклад, 2012-03);
- Файл з даними по сонячній активності має називатися «soldata»;
- Дані мають бути розташовані на першому листі файлу;
- Порядок розміщення колонок таблиць має значення;
- Файли з погодними умовами містять такі колонки: номер місяця, час, температура, напрям вітру, швидкість вітру;
- У файлі з погодними умовами дані починаються з другого рядка, часовий інтервал півгодини;
- Файл з даними по сонячній активності містять такі колонки: дата, час, сонячна активність;
- У файлі з даними по сонячній активності дані починаються з третього рядка, часовий інтервал одна годна.

Програмна система також надає можливість згенерувати звіт у вигляді Word файлу з розширенням *.docx, для цього необхідно вибрати пункт «Зберегти» з головного меню «Файл» та вибрати місце та назву файлу в діалоговому вікні «Збереження». Процес створення звіту може зайняти деякий час, тому необхідно зачекати завершення процесу. Звіт містить детальну інформацію по результатам роботи системи. В звіті також порівнюються між собою різні системи опалення та витрати на електроенергію для різних зонних тарифів. Результати представлені у звіті тематично поділені на розділи такі як аналіз метеорологічних даних регіону, моделювання графіка електричного навантаження, визначення ефективності впровадження вітроенергетичної установки тощо.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі було розглянуто основні системні вимоги, які необхідні для нормального функціонування розробленої програмної системи. Для початку роботи система не потребує інсталяції, достатньо запустити виконуваний файл. Було виконано тестування і налагодження програмного забезпечення методом сірого ящика, дотримуючись основних принципів гнучкої методології розробки програмних засобів, відомої як “Code and Fix”.

Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі має графічний інтерфейс користувача, який забезпечує взаємодію між користувачем та системою. Було розглянуто особливості інтерфейсу створеної системи.

У цьому розділі було розглянуто особливості роботи користувача із системою, наведено детальний опис доступних користувачеві дій, а також наведено інструкцію користувача. Створена система оснащена довідковою системою, яка містить як теоретичні відомості, що пояснюють особливості застосованих моделей, так і документацію, що описує інтерфейс та функціональні можливості програми.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Опис ідеї проекту та аналіз ринку

Маркетинговий аналіз стартап-проекту дозволяє визначити можливості його ринкового впровадження, а також можливі напрями його реалізації. [2][3][4][5] В таблиці 5.1 подано опис ідеї розробленого проекту.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Програмна система для дослідження можливості підвищення енергоефективності структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі	дослідження можливості підвищення енергоефективності будівлі	Можливість дослідити ефективність методів підвищення енергоефективності будівлі для свого будинку та при використанні метеорологічних даних свого регіону

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї проекту в порівнянні з пропозиціями конкурентів встановив, що розроблена система буде відрізняється від існуючих аналогів та замінників цілісністю та наявністю комплексного підходу до вирішення поставлених задач.

Технологічний аудит ідеї проекту дозволяє визначити чи можливо реалізувати проект. [3][6][7][8] В результаті виконання технологічного аудиту було з'ясовано, що всі технології для реалізації проекту існують і тому проект є здійсненим з технологічної точки зору. Було вирішено застосувати мову програмування C# для розробки програмної системи.

Аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проекту застосовується для визначення ринкових можливостей, які використовують при ринковому впровадженні проекту, а також для визначення ринкових загроз, які здатні завадити реалізації проекту. Результати аналізу дозволяють скласти план розвитку проекту,

враховуючи особливості потенційного ринку, потреб потенційних користувачів та пропозицій конкурентів. [9][10]

Аналіз ринку дослідження енергоефективних технологій продемонстрував, що жоден з конкурентів не здатен задовольнити всі вимоги потенційних користувачів. Більшість програмних систем конкурентів є вузько спеціалізованими і не охоплює всього спектру задач. Аналіз ринку також показав, що існує зростаючий попит на енергоефективні технології і все більше людей цікавляться можливостями підвищення енергоефективності, звідси слідує зростаючий попит на програмне забезпечення для оцінки можливостей підвищення енергоефективності будівлі. Можна зробити висновок, що за попереднім оцінюванням ринок має привабливі перспективи для входження нового продукту. В таблиці 5.2 подані потенційні групи користувачі розроблюваної системи.

Таблиця 5.2. Характеристика потенційних споживачів

Ринкові потреби споживачів	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до послуг компанії
Аналіз тепловтрат будівлі та витрат на опалення та ГВП	Особи яких цікавлять можливості підвищення енергоефективності будівлі	До продукції: якість та простота використання До компанії: надійність
Визначення ефективності впровадження сучасних енергозберігаючих технологій для теплозабезпечення		

В таблиці 5.3 подані фактори, які перешкоджають реалізації проекту.

Таблиця 5.3. Потенційні фактори загроз проекту

Фактори загроз	Опис загрози	Можливі дії компанії для протидії загрозам
Низька купівельна спроможність населення	Можливий низький попит на систему та високий рівень не ліцензійного використання	Зниження ціни на розроблену систему
Низька відомість	Недостатня кількість клієнтів	Реклама для розкрутки

В таблиці 5.4 подані фактори, які сприяють реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.4. Потенційні фактори можливостей проекту

Фактор можливостей	Зміст можливостей	Можливі дії компанії
Актуальність	Зростаючий інтерес населення до енергозберігаючих технологій	Заходи для збільшення рентабельності проекту
Прибуток	Отримання прибутку	

В таблиці 5.5 подано результати аналізу пропозиції на системи дослідження енергоефективності для визначення загальних особливостей ринкової конкуренції.

Таблиця 5.5. Ступеневий аналіз ринкової конкуренції

Особливості ринку конкуренції	В чому полягає дана особливість	Можливі дії компанії
1. Тип конкуренції: олігополія 1-го роду	Наявність конкурентів зі схожими послугами	Надати ширші функціональні можливості
2. За рівнем конкурентної боротьби: глобальний	Програми доступні в більшості країнах світу	Поширювати продукцію через інтернет
3. За галузевою ознакою: міжгалузева	Конкурентами можуть бути не тільки програми	Зробити акцент на простоту використання
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Конкурентами можуть бути не тільки програми	Зробити акцент на простоту використання
4. За характером конкурентних переваг: нецінова	Функціональні можливості програмних систем	Досягти функціональної переваги над продуктами конкурентів
5. За інтенсивністю: не марочна	Конкуренція за надання послуг	Розкрутка популярності власного проекту

Результати аналізу умов конкуренції в галузі за моделлю п'яти сил М. Портера подано в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу		Висновки
Прямі конкуренти в галузі	Програмні системи	Наявність конкуренції
Потенційні конкуренти	Бар'єри входження в ринок: – гнучкі ціни – наявність конкурентів	Є можливості для появи нових конкурентів
Постачальники	Відсутні	Відсутні постачальники
Клієнти	Фактори сили: високий рівень чутливості до зміни цін	Для клієнтів найбільш важлива цінова доступність
Товари замітники	Фактори загроз: низька загроза	Вплив обмежений

За умови реалізації гнучкого керування ціновою політикою проект буде конкурентоспроможним. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Функціональна перевага над конкурентами	Розроблювана система буде досліджувати різні можливості для підвищення енергоефективності, у той час як конкурентні програми фокусуються на дослідженні одного конкретного підходу
Простота використання	Більшість програм конкурентів орієнтовані на вузько профільних спеціалістів і тому потребують високого рівня знань в предметній області

Останнім етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту було проведено SWOT-аналіз слабких та сильних сторін, можливостей та загроз. Список ринкових загроз та можливостей був складений на результатах аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища для реалізації проекту передпроектного дослідження ефективності структури та функціонального контенту енергетичних потоків будівлі. [11] В таблиці 5.8 подано результати SWOT-аналізу проекту.

Таблиця 5.8. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: –функціональність –простота використання	Слабкі сторони: наявність вузько спеціалізованих конкурентів
Можливості: потенційна прибутковість	Загрози: –низька купівельна спроможність населення –недостатня відомість проекту

На основі SWOT-аналізу розглядають альтернативні ринкові заходи для реалізації проекту, а також визначають оптимальний часовий період для його реалізації з урахуванням потенційних проектів конкурентів, що можуть виникнути на ринку. [12] У таблиці 5.9 визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 5.9. Альтернативні способи впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Пришвидшення процесу розробки, підвищення функціональності	Потребує мобілізації зусиль	2-3 місяці
Розробка проекту власними силами	Немає потреб у додатковому фінансуванні	4-5 місяців

Було вирішено розробляти проект власними силами, тому що цей варіант не потребує залучення додаткових сил та фінансових витрат, а необхідних отримання ресурсів є більш простим та ймовірним.

5.2 Розробка ринкової стратегії проекту

Для формування ринкової стратегії спочатку необхідно визначити стратегію по охопленню ринку. В таблиці 5.10 подано вибір цільових груп користувачів.

Таблиця 5.10. Цільові групи потенційних користувачів системи

Характеристика профілю цільової групи потенційних користувачів розробленої системи	Готовність користувачів користуватися новою системою	Очікуваний купівельний попит для цільової групи	Інтенсивність конкуренції у визначеному сегменті	Важкість входу в сегмент нових проектів
Архітектори та проектувальники	середня	середній	висока	важко
Користувачі, які цікавляться можливістю підвищення енергоефективності	висока	середній	середня	легко

В результаті аналізу потенційних груп клієнтів було обрано цільову групу — користувачі, які цікавляться можливістю підвищення енергоефективності. Було прийнято рішення використати в якості стратегії ринкового маркетингу стратегію масового маркетингу, тому що компанія буде працювати із всім ринком, пропонуючи стандартизовану програмну систему.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку. В таблиці 5.11 визначено базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.11. Визначення базової стратегії розвитку

Альтернативна стратегія розвитку проекту	Стратегія для охоплення потенційного ринку	Ключові позиції конкурентоспроможності для визначеної альтернативи	Базова стратегія розвитку проекту
Стратегія зростання	Масовий маркетинг	Нижча вартість перегляду за рахунок реклами	Стратегія диференціації

В якості базової стратегії розвитку було обрано стратегію диференціації, яка передбачає надання програмній системі важливих з точки зору споживачів відмінних властивостей, які роблять програмний продукт відмінним від продуктів конкурентів. Така відмінність може бути об'єктивною або суб'єктивною. Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування. [13] Результати аналізу стратегії конкурентоспроможної поведінки для розроблюваного проекту подано в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12. Вибір основної стратегії для конкурентоспроможної поведінки

Чи буде проект першим на ринку?	Чи буде компанія відбирати у конкурентів користувачів та шукати нових?	Чи буде застосоване копіювання властивостей програмних комплексів конкурентів?	Стратегія для конкурентної поведінки
На ринку вже існують подібні системи, але вони відрізняються функціоналом	Було вирішено шукати нових користувачів системи	Так. Такі як ціна послуг, при розробці системи були враховані переваги та недоліки систем аналогів	Стратегія наслідування лідеру

Для встановлених груп користувачів програмної системи, визначеної стратегії розвитку та конкурентоспроможності було розроблено стратегію позиціонування, що

подана в таблиці 5.13, яка відповідає за формування ринкових асоціацій, за якими клієнти ідентифікують бренд та програмне забезпечення.

Таблиця 5.13. Характеристика стратегічного позиціонування стартап-проекту

Вимоги користувачів системи	Основна стратегія для розвитку проекту	Основні позиції для конкурентоспроможності розробленого стартап-проекту	Визначення трьох ключових асоціацій для формування комплексної позиції стартапу
Цінова доступність	Наступальна стратегія	Низька ціна за рахунок незначних витрат на розробку	Ціна, якість та функціональність
Простота використання	Наступальна стратегія	Мінімізації складності інтерфейсу	

В результаті було визначено стратегію позиціонування, яка являє собою узгоджену систему рішень щодо ринкової поведінки компанії, що визначає напрями її роботи на ринку.

5.3 Розробка маркетингу стартап-проекту

Компанії, які спеціалізуються на розробці програмного забезпечення, використовують концепцію маркетингу товару для просування на ринку послуг та товарів своєї компанії. Маркетингова концепція товару передбачає, що найбільш важливими пріоритетами для споживачів є якість та функціональні характеристики товару. Це свідчить про те, що потенційні споживачі шукають інноваційні альтернативи існуючим рішенням і завжди намагаються знайти найкращий програмний продукт, що є на ринку. Формування маркетингової концепції товару (програмна система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі), який отримає споживач, детально описано в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14. Визначення переваг маркетингової концепції системи

Потреба	Вигода, яку надає розроблена система	Ключові переваги над конкурентами
Аналіз енергоефективності інженерних систем будівлі	Надає можливість проводити моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі	–Цінова доступність –Функціональність –Простота використання
Аналіз можливості підвищення енергоефективності будівлі	Надає можливість визначити ефективність впровадження вітрової енергетичної установки, теплового насосу тощо	

В таблиці 5.15 подана трирівнева маркетингова модель товару, яка складається із наступних рівнів: уточнення головної ідеї програмного продукту та його послуг, його фізичне представлення та процес надання системи користувачам.

Таблиця 5.15. Визначена трирівнева модель маркетингу системи

Рівні моделі системи	Опис рівня
1. Товар за ідеєю	Програмна система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі
2. Товар у реальному виконанні	Програма для ПК
3. Товар із підкріпленням	Графічний інтерфейс користувача, можливість збереження результатів роботи системи.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: можливості захисту від копіювання відсутні	

Визначення допустимих цінових значень для встановлення ціни на розроблений програмний продукт подано в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16. Аналіз цінових обмежень

Вартість заміників	Вартість аналогів	Рівень доходів потенційних користувачів	Визначення верхнього та нижнього цінового обмеження на систему
50-450 грн	100-1000 грн	середній	50-500 грн

Розробка системи оптимального збуту створеного програмного продукту була детально описано у вигляді таблиці 5.17.

Таблиця 5.17. Розробка системи збуту

Закупівельна поведінка цільових користувачів	Функції збуту, які виконує продавець програм	Глибина каналу збуту	Основна система дистрибуції створеної системи
Індивідуальне споживання товарів та послуг	Збут здійснюється через спеціалізовані сайти для продажу програмних продуктів	Одно рівневий канал	«Розробник – сайти для продажу програмних продуктів – клієнт»

Враховуючи особливості поведінки користувачів для забезпечення своїх потреб в програмному забезпеченні для моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі, було прийнято рішення, що основним каналом для продажу та розповсюдження розробленого програмного продукту мають стати спеціалізовані онлайн сервіси для продажу програмного забезпечення.

Розроблена маркетингова концепція комунікацій базується на визначеній стратегії позиціонування та особливостях поводження клієнта на ринку, детально описана в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18. Аналіз маркетингової концепції комунікацій

Особливості поведінки користувачів	Канали зв'язку користувачів	Основні напрями для позиціонування	Задача реклами	Суть звернення реклами
Потребують простого рішення проблеми	Інтернет	Персональний продаж, прямий маркетинг	Зацікавити потенційних користувачів	Акцент на простоту та функціональність

Головне завдання рекламного маркетингу — це зацікавити споживачів придбати розроблену програмну систему для проведення передпроектного аналізу структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі, у зв'язку з чим необхідно, щоб рекламне повідомлення звернуло особливу увагу користувача на багатофункціональність розробленої системи та простоту її використання.

Висновки до розділу 5

Було проведено аналіз ідеї створення системи моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі та зроблено наступні висновки:

- розроблена система має комерційний потенціал проекту;
- проект має перспективи впровадження з врахуванням потенційних груп користувачів, бар'єрів для входження, стану конкуренції, конкурентоспроможності;
- подальша імплементація проекту є доцільною.

В результаті розробки стартап-проекту було створено маркетингову програму, яка містить концепцію товару, реклами та збуту, аналіз цін на програмний продукт, а також визначено альтернативні варіанти ринкової поведінки.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської дисертації було сформульовано такі висновки:

а) аналіз існуючих сучасних програмних рішень моделювання енергоефективності будівлі дозволив виявити та врахувати переваги та недоліки існуючих систем моделювання енергетичних потоків будівлі при розробці нової системи для формування структурного та функціонального контенту інженерної (енергетичної) інфраструктури будівлі;

б) розроблений програмний інструментарій аналізу реальних ретроспективних метеорологічних даних регіону дозволив виконати обробку вхідних даних для усунення можливих помилок та відновлення даних, які були пошкоджені або відсутні в базі даних, а також дозволив сформулювати вимоги до структури та функціонального контенту інженерних систем будівлі;

в) моделювання та оптимізація графіка електричного навантаження будівлі допомогло виявити можливості для зменшення фінансових витрат на електричну енергію за рахунок використання багато зонних тарифів на електроенергію та перенесення часу використання електроприладів в зону з меншим тарифом, що додатково дозволило зменшити пікове навантаження на електричну мережу за рахунок перенесення електричного навантаження із пікових годин споживання електричної енергії та більш рівномірного розподілу навантаження протягом доби;

г) розроблений програмний інструментарій моделювання та оптимізації теплотехнічних характеристик будівлі за критеріями мінімізації витрат на енергію та забезпечення комфортного мікроклімату дозволяє визначати тепловтрати будівлі в залежності від температурних умов навколишнього середовища, теплоізоляційних характеристик огорожуючих конструкцій, поверхневих площ та температури, яку необхідно підтримувати всередині кімнат будівлі;

д) розроблені програмні засоби моделювання режимів генерування електричної енергії альтернативними генераторами, які дозволяють дослідити ефективність впровадження вітроенергетичної установки для потреб

енергозабезпечення об'єкта шляхом моделювання роботи ВЕУ з врахуванням ретроспективної інформації по вітровій активності у визначеному регіоні за визначений період часу, дозволяють визначити обсяги скорочення викидів парникових газів та додаткових надходжень від продажу енергії за «зеленим тарифом»;

е) розроблений програмний інструментарій моделювання структури та режимів функціонування (зокрема, динамічних) системи генерування та розподілу теплової енергії для потреб опалення та ГВП з врахуванням індивідуальної схеми опалення кімнат будівлі за критеріями приведених витрат на енергію та забезпечення комфортного мікроклімату дозволяє визначити ефективність впровадження: повітряного теплового насосу для забезпечення потреб системи опалення будівлі за температурних умов навколишнього середовища, які визначаються за ретроспективними даними метеорологічних умов у зазначеному регіоні та за визначений період часу, та відповідних тепловтрат будівлі; системи теплоакumuлюючого електроопалення, яка визначається шляхом моделювання динамічного режиму роботи системи опалення по накопиченню тепла в тепло накопичувачі в зоні з меншим тарифом на електроенергію та його поступової віддачі в зоні з більшим тарифом;

ж) розроблений графічний інтерфейс користувача дозволяє забезпечити можливість перегляду, редагування та збереження даних, генерування звітів за результатами аналізу та моделювання роботи системи.

В результаті виконання магістерської роботи було розроблено систему моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі, яка відповідає всім поставленим вимогам і розв'язує всі поставлені задачі. Розроблену систему можливо застосувати для дослідження енергоефективності будівлі з визначеними теплотехнічними характеристиками та вибору заходів із її підвищення. Розроблену систему доцільно застосовувати на стадії вибору та обґрунтування передпроектних рішень з врахуванням: аналізу метеорологічних даних регіону; оптимізації графіка електричного навантаження; дослідження можливостей скорочення витрат на опалення будівлі.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Перспективні напрями подальших удосконалень програмного забезпечення:

- моделювання структури та режимів функціонування сонячної електростанції (автономної або інтегрованої) для забезпечення енергетичних потреб об'єкта із врахуванням реальних даних по сонячній активності у визначеному регіоні за визначений період часу, які базуються на результатах ретроспективного аналізу умов регіону отриманих від метеорологічних станцій, та визначення додаткової економічної та екологічної вигоди від генерації «зеленої» енергії;
- моделювання структури та режимів функціонування системи теплозабезпечення(опалення та ГВП) на базі сонячних колекторів із врахуванням реальних метеорологічних ретроспективних даних регіону, потреб будівлі в опаленні та ГВП;
- моделювання динамічних режимів енергетичних потоків будівлі в реальному часі для теплозабезпечення та інших енергетичних потреб будівлі з врахуванням структури і теплотехнічних характеристик огорожуючих конструкцій будівлі та їх орієнтації за сторонами світу;
- вдосконалення розробленого інструментарію для розширення його можливостей аналізу та представлення користувачу статистики результатів роботи системи;
- доповнення системи можливістю вибору з бази даних існуючих енергоефективних систем (наприклад: система опалення, ВЕУ тощо) замість корегування енергетичних характеристик через інтерфейс програми та розширення асортименту пропонованих енергоефективних засобів для забезпечення енергетичних потреб об'єкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Karaieva N.V., Bandurka O.I. The assessment of environmental external cost as a tool of management of the Ukrainian energy system: review of approaches. *Managing economic growth: marketing, management and innovations* / eds. S.M. Illiashenko, W. Strielkowski. Prague Institute for Qualification Enhancement: Prague. 2016. no. 1. pp. 396–407.
2. Лукань Л., Цегелик Г. Застосування кластерного аналізу для оцінки розвитку малого підприємництва в регіонах України. *Формування ринкової економіки в Україні*. 2009. № 19. С.73–80.
3. Гавриш О.А., Солнцев С.О., Дергачова В.В., Зозульов О.В., Юдіна Н.В., Царьова Т. О., Бояринова К. О., Кравченко М.О., Жигалкевич Ж. М. *Розроблення стартап-проекту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей* / ред. О.А. Гавриша. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 28 с.
4. Дрейпер У. *Стартапы: профессиональные игры Кремниевой долины* / ред. В. Егорова. Москва: Эксмо, 2012. 378 с.
5. Хайнемайер Д. Х., Фрайд Дж. Rework. *Ця книжка змінить ваш погляд на бізнес*. Київ: Клуб Семейного Досуга, 2016. 176 с.
6. Бланк С., Дорф Б. *Стартап. Настольная книга основателя* / ред. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. Вид. 2-ге. Москва: Альпина Пабlishер, 2014. 614 с.
7. Тиль П., Мастерс Б. *От нуля к единице: как создать стартап, который изменит будущее* / перевод с англ. Москва: Альпина пабlishер, 2015. 188 с.
8. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий. *Маркетинг и финансы*. 2014. Т.1. С. 60–72.
9. Харниш В. *Правила прибыльных стартапов: как расти и зарабатывать деньги* / ред. В. Хозинского. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 279 с.
10. Коэн Д., Фелд Б. *Стартап в Сети: мастер-классы успешных предпринимателей* / ред. М. Иутина. Вид. 2-ге. Москва: Альпина Пабlishер, 2013. 337 с.

11. Экланд С. Ангелы, драконы и стервятники: как привлечь правильных инвесторов в свой стартап и сохранить бизнес / ред. О. Терентьевой. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2011. 275 с.
12. Цибульов П. М., Чеботарьов В. П., Зінов В. Г., Суїні Ю. *Управління інтелектуальною власністю: монографія* / ред. П. М. Цибульова. Київ: К.І.С., 2005. 448 с.
13. Катешова М., Квашнин А. Как продвигать проекты коммерциализации технологий: серия методических материалов «Практические руководства центров коммерциализации технологий» / ред. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. 52 с.
14. Лушкін В. А., Абраменко І. Г., Барбашов І. В. *Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж: навч. посібник* / ред. І. Г. Абраменка; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків: ХНАМГ, 2013. 193 с.
15. Журахівський А.В., Кінаш Б.М., Пастух О.Р. *Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник*. Львів: Львівська політехніка, 2012. 280 с.
16. Сегеда М. С. *Електричні мережі та системи: підручник*. Вид. 3-тє. Львів: Львівська політехніка, 2015. 540 с.
17. Замулко А.І., Веремійчук Ю.А. Дослідження графіків електричних навантажень груп споживачів електричної енергії. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 2. С. 82–85.
18. Добровольський В.К., Стогній О.В., Костюк В.О., Каплін М.І. *Економіко-математичне моделювання енергетичних систем*. Київ: Наукова думка, 2013. 250 с.
19. Фаренюк Г.Г. Теплоізоляція будівель в площині нової нормативно-технічної бази. *Нові технології в будівництві*. 2007. Т. 13. № 1. С. 15–20.
20. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2009. № 50. С. 593–597.
21. Савицкий Н.В., Швец Н.А., Меркушов В.Т., Савицкий А.Н., Никифорова Т.Д. Потенциал теплосбережения в жилых зданиях г. Днепропетровска. *Реконструкція житла*. 2000. № 1. С. 80–84.

22. Сергейчук О.В. *Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огорожжюючі конструкцій: Навч. посібник*. Київ: Такі справи, 1999. 156 с.
23. Колесник Є.С. Потенціал енергозбереження в житловому фонді України. *Энергосбережение*. 2011. № 11. С. 6–9.
24. ДСТУ Б В.2.6–83:2009. *Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожжувальних конструкцій*. Державний стандарт України. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 42 с.
25. ДСТУ Б В.2.6-23:2009. *Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови*. Державний стандарт України. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 40 с.
26. Либерти Д. *Программирование на С#*. Санкт–Петербург: Символ-Плюс, 2003. 688 с.
27. Шилдт Г. *С#: учебный курс*. Санкт–Петербург: Питер, 2003. 512 с.
28. Павловская Т. А. *С#. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов*. Санкт–Петербург: Питер, 2009. 432 с.
29. Tate B. *Seven Languages in Seven Weeks: A Pragmatic Guide to Learning Programming Languages*. Texas: The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, NC and Dallas, 2010. 336 p.
30. Гайдаржи В. І., Дацюк О. А. *Основи проектування та використання баз даних: навч. посібник*. Вид. 2-ге. Київ: Політехніка, 2004. 256 с.
31. Дейт К. *Введения в системы баз данных*. Вид. 8-ме. Москва: Вильямс, 2006. 1328 с.
32. Бойко В. В. *Проектирование баз данных информационных систем*. Вид. 2-ге. Москва: Финансы и статистика, 1989. 351 с.
33. Ambler S. W. *The Elements of UML™ 2.0 Style*. New York: Cambridge University Press, 2005. 201 p.
34. Flower M. *UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*. Boston: Addison-Wesley, 2004. 234 p.
35. Arlow J., Neustadt I. *UML 2 and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design*. Boston: Addison-Wesley, 2009. 717 p.

ДОДАТОК А

Текст програмного модулю

УКР.НТУУ"КПІ"_ТЕФ_АПЕПС_ТВ41101_19

Аркушів 3

Київ 2019

```

public class WeatherController {
    private List<List<Weather>> weathersListDb;
    public List<Weather> Weathers { set; get; }
    public List<Weather> SelectedWeathers { set; get; }
    public int CorrectsCounter { set; get; }
    public List<DurationTemperature> DurationTemperatures { set; get; }
    public List<WindActivity> WindActivities { set; get; }
    public List<WindRose> WindRoses { set; get; }
    public List<string> CategoriesInfo { set; get; }
    // Gets selected period.
    public DateTime StartDateTime { get { return Weathers.Min(x => x.Date); } }
    public DateTime EndDateTime { get { return Weathers.Max(x => x.Date); } }
    public DateTime StartSelectedDateTime { get { return SelectedWeathers.Min(x => x.Date); } }
    public DateTime EndSelectedDateTime { get { return SelectedWeathers.Max(x => x.Date); } }
    public WeatherController(string file) {
        weathersListDb = BinaryController.ReadAllWeatherFromBinary(file);
        CorrectWeather();
        Weathers = weathersListDb.SelectMany(x => x).ToList();
    }
    public List<Weather> GetWeathers(int month, int day) {
        if (month == 12) SelectedWeathers = Weathers.ToList(); // Select all monthes
        else { // Select all days
            if (day == -1) SelectedWeathers = Weathers.Where(d => d.Date.Month == month + 1).ToList();
            else SelectedWeathers = Weathers.Where(d => (d.Date.Month == month + 1) && (d.Date.Day == day + 1)).ToList();
        }
        return SelectedWeathers;
    }
    public List<Weather> GetWeathers(DateTime start, DateTime end) {
        SelectedWeathers = Weathers.Where(x => (x.Date >= start) && (x.Date <= end)).ToList();
        return SelectedWeathers;
    }
    public void TemperatureCondition(List<Weather> weathers, out List<DateTime> dates, out List<int> temperatures) {
        dates = weathers.Select(w => w.Date).ToList();
        temperatures = weathers.Select(w => w.Temperature).ToList();
    }
    public void DurationOfTemperatureModes(List<Weather> weathers, out List<int> temperatures, out List<double> temperatureDurations) {
        temperatures = new List<int>();
        temperatureDurations = new List<double>();
        DurationTemperatures = new List<DurationTemperature>();
        foreach (var weather in weathers) {
            int i = temperatures.IndexOf(weather.Temperature);
            if (i != -1) {
                temperatureDurations[i] += 0.5;
            } else {
                temperatures.Add(weather.Temperature);
                temperatureDurations.Add(0.5);
            }
        }
        for (int i = 0; i < temperatures.Count; i++)
            DurationTemperatures.Add(new DurationTemperature() { Duration = temperatureDurations[i], Temperature = temperatures[i] });
        DurationTemperatures.Sort((x, y) => x.Temperature.CompareTo(y.Temperature));
    }
    public void WindRose(List<Weather> weathers, out List<int> directions, out List<List<double>> frequencyPercents) {

```

```

WindRoses = new List<WindRose>();
int angle = 0;
foreach (var wind in windDirections) {
    WindRoses.Add(new WindRose() { Direction = wind, DirectionAngle = angle });
    angle += 45;
}
foreach (var weather in weathers) {
    int i = WindRoses.FindIndex(x => x.Direction == weather.WindDirection);
    if (i != -1) WindRoses[i].Frequency += 0.5;
}
double sum = WindRoses.Sum(x => x.Frequency);
int maxSpeed = weathers.Max(x => x.WindPower);
GetCategoriesInfo(maxSpeed);
for (int i = 0; i < WindRoses.Count; i++) {
    WindRoses[i].FrequencyPercent = Math.Round(WindRoses[i].Frequency / sum * 100, 2);
    foreach (var weather in weathers) {
        if (weather.WindDirection == WindRoses[i].Direction) {
            double speed = (double)weather.WindPower / maxSpeed;
            if (speed > 0 && speed <= 0.25) WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[0] += 0.5;
            if (speed > 0.25 && speed <= 0.5) WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[1] += 0.5;
            if (speed > 0.5 && speed <= 0.75) WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[2] += 0.5;
            if (speed > 0.75 && speed <= 1) WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[3] += 0.5;
        }
    }
    for (int j = 0; j < WindRoses[i].FrequencyPercentCategories.Count; j++)
        WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[j] = Math.Round(WindRoses[i].FrequencyPercentCategories[j] / sum * 100, 2);
}
directions = WindRoses.Where(x => x.Direction != windDirections[windDirections.Count - 1] && x.Direction != windDirections[windDirections.Count - 2]).Select(x => x.DirectionAngle).ToList();
directions.Add(directions[0]);
frequencyPercents = WindRoses.Where(x => x.Direction != windDirections[windDirections.Count - 1] && x.Direction != windDirections[windDirections.Count - 2]).Select(x => x.FrequencyPercentCategories).ToList();
frequencyPercents.Add(frequencyPercents[0]);
List<List<double>> tempList = new List<List<double>>();
for (int i = 0; i < frequencyPercents[0].Count; i++) {
    tempList.Add(new List<double>());
    for (int j = 0; j < frequencyPercents.Count; j++)
        tempList[i].Add(frequencyPercents[j][i]);
}
frequencyPercents = tempList;
}
private void GetCategoriesInfo(int maxSpeed){
    CategoriesInfo = new List<string>();
    for (double i = 0; i < 1; i += 0.25)
        CategoriesInfo.Add($"швидкість вітру {i * maxSpeed} - {(i + 0.25) * maxSpeed} м/с");
}

```


ДОДАТОК Б

Тези на конференцію XVII-а міжнародна науково-практична конференція
аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення
енергетики» 2019 року

УКР.НТУУ"КПІ" _ТЕФ_АПЕПС_ТВ41101_19

Аркушів 3

Київ 2019

СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ БУДІВЛІ

Проблема підвищення енергоефективності будівлі є важливою для всього людства, тому що дозволяє значно зменшити витрати на опалення та електроенергію, а також зменшити рівень забруднення навколишнього середовища шляхом зменшення обсягів споживання викопних ресурсів.

Необхідно враховувати, що на даний момент існує багато підходів для підвищення енергоефективності будівлі. Для підвищення енергоефективності будівлі необхідно: зменшити тепловтрати, застосувати енергоефективний спосіб опалення та постачання гарячої води, оптимізувати графік електричного навантаження [1]. Через значну варіативність та складність параметрів жодний з існуючих програмних продуктів не є універсальним засобом моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі.

Програмне забезпечення буде виконувати аналіз метеорологічних даних регіону, визначати теплотехнічні характеристики будівлі, потреби у тепловій енергії на опалення та гаряче водопостачання(ГВП) та обирати необхідне обладнання задля комфортного та енергоощадного проживання в будівлі.

Об'єктом дослідження є будівля, яка знаходиться у місті Київ. Для будівлі проводяться розрахунки втрат енергії різного типу задля раціонального вибору обладнання.

Система моделювання структури та функціонального контенту інженерних систем енергоефективної будівлі буде складатися з трьох модулів: модуль доступу до даних, модуль бізнес логіки та модуль представлення.

Модуль доступу до даних відповідає за зчитування, обробку та збереження вхідних метеорологічних даних. Обробка вхідних метеорологічних даних необхідна для усунення надлишкових даних та автоматизації процесу збору та розрахунку статистики.

Модуль бізнес логіки виконує побудову моделей енергоспоживання будівлі, складає прогноз на майбутнє. Побудовані моделі дозволяють визначити рівень

споживання електричної енергії, оцінити тепловтрати будівлі за визначений період часу. Модуль виконує моделювання та оптимізацію графіка електричного навантаження для двозонного та трizonного тарифу на електричну енергію, що дозволяє значно скоротити фінансові витрати за споживання електричної енергії.

Модуль представлення використовує графічний інтерфейс користувача для виводу отриманих результатів роботи системи.

Розроблену систему можливо застосувати для дослідження енергоефективності будівлі з визначеними теплотехнічними характеристиками та вибору заходів із підвищення енергоефективності будівлі.

Перелік посилань: 1. Karaieva N.V. The assessment of environmental external cost as a tool of management of the Ukrainian energy system: review of approaches / N.V. Karaieva, O.I. Bandurka / Managing economic growth: marketing, management and innovations. 1st edition, Iliashenko, S.M., Strielkowski, W. (eds.). — Prague Institute for Qualification Enhancement: Prague, 2016. — P. 396-407.